

MEDIA Teknik Sipil

DAFTAR ISI

Aplikasi Rajutan Bambu Sebagai Tulangan Balok Beton Agostinho Francisco Pinto¹, Sri Murni Dewi², Devi Nurlinah³	1 - 7
Pengaruh Penambahan Tulangan Bambu terhadap Kuat Lentur Panel Semen Eceng Gondok Ahmad Fitri Sujatmiko¹, Sri Murni Dewi², Devi Nuralinah³	8 - 14
Penggunaan Abu Ampas Tebu (Bagasse Ash Of Sugar Cane) sebagai Bahan Pengganti Filler pada Campuran Aspal Panas (Hot Mix) Latasir B Alik Ansyori Alamsyah¹, Hari Eko Meiyanto²	15 - 26
Studi Evaluasi dan Pengembangan Jaringan Distribusi Air Bersih PDAM Kota Malang pada Kecamatan Kedungkandang Chairil Shaleh¹, Afrenia Dewi Angguntiana²	27 - 37
Analisis Capaian Sistem Penyediaan Air Minum Perdesaan di Desa Sumberkima, Bali D.K. Sudarsana	38 - 41
Kajian Tingkat Kepuasan Pengguna Jasa terhadap Kinerja Pelayanan Angkutan Penyeberangan Lintas Kariangau – Penajam, Balikpapan Darmadi¹, Muhammad Zainul Arifin², Imma Widyawati Agustin³	42 - 50
Studi Optimasi Pola Tanam Daerah Irigasi Gong Gang Kecamatan Parang Kabupaten Magetan Ernawan Setyono¹, Safik Mucharom²	51 - 59
Penciptaan Informasi Keruangan Waktu Musim Hujan dan Kemarau untuk Mengantisipasi Bencana Banjir dan Kekeringan Iskandar Muda Purwaamijaya	60 - 67
Analisa BOK (Biaya Operasi Kendaraan) Shuttle Service Rute Bandung – Jakarta Selatan Juang Akbardin¹, Andri Eka Putra²	68 - 72

Evaluasi Kebutuhan Angkutan Angkutan Umum Penumpang Kota Malang (Studi Kasus Rute Arjosari-Dinoyo-Landungsari) Khoirul Abadi¹, Ruskandi²	73 - 83
Pemanfaatan Serbuk Kaca sebagai Bahan Tambah dalam Pembuatan Batako Nursyamsi¹, Ivan Indrawan², Ika Puji Hastuty³	84 - 95
Kajian Potensi dan Prioritas Lokasi Dry Port di Malang dan Pasuruan Rahadi Bintang¹, Harnen Sulistio², M Zainul Arifin³	96 - 104

APLIKASI RAJUTAN BAMBU SEBAGAI TULANGAN BALOK BETON*Application of Knitted Bamboo For Concrete Reinforcement Beams***Agostinho Francisco Pinto¹, Sri Murni Dewi², Devi Nurlinah³**^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang
JL. MT. Haryono No. 167 Malang, 65145, Jawa Timur
Email : frehd_ko@yahoo.com**Abstract**

Need for the use of reinforced concrete in housing construction will increase along with the rapid population growth. This increases the need for steel reinforcement as a major component. The increase in need for steel reinforcement will trigger a price increase so that it becomes expensive and scarce. Iron ore as a raw material for making steel reinforcement is a mineral that can not be renewed. Therefore, efforts to use alternatives to steel reinforcement in concrete. Bamboo has good mechanical properties and a high ratio between strength and weight. Bamboo has a tensile strength is high, between 100-400 MPa, nearly matching the tensile strength equivalent to steel reinforcement 1/2 to 1/4 of iron ultimate voltage showed similar results and that the tensile strength of bamboo can reach 1280 kg / cm². Bamboo can be used as the material of reinforced concrete. This study aims to determine the capacity of the bending beam with reinforcement of bamboo, bamboo reinforced beam deflection capacity. This experiment is a concrete beam bending test. The results showed that bamboo reinforced concrete beam has a maximum capacity reached 56.61% of the maximum capacity of steel reinforced concrete.

Keywords: *Bamboo, flexural capacity, deflection.*

Abstrak

Kebutuhan penggunaan beton bertulang dalam pembangunan perumahan akan semakin meningkat seiring dengan semakin pesatnya pertumbuhan penduduk. Hal ini meningkatkan kebutuhan tulangan baja sebagai komponen utama. Kenaikan kebutuhan tulangan baja akan memicu kenaikan harga sehingga menjadi mahal dan langka. Bijih besi sebagai bahan baku pembuatan tulangan baja merupakan mineral yang tidak dapat diperbaharui. Oleh karena itu, perlu upaya menggunakan alternatif pengganti tulangan baja pada beton. Bambu memiliki sifat mekanik yang baik dan rasio yang tinggi antara kekuatan dan berat. Bambu mempunyai kekuatan tarik yang cukup tinggi, antara 100-400 Mpa, hampir menyamai kekuatan tarik besi tulangan setara dengan 1/2 sampai 1/4 dari tegangan ultimate besi menunjukkan hasil yang sama dan kuat tarik bambu dapat mencapai 1280 kg/cm². Bambu dapat digunakan sebagai material beton bertulang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas lentur balok dengan tulangan bambu, kapasitas lendutan balok bertulang bambu. Pengujian yang dilakukan adalah uji lentur balok beton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa balok beton bertulang bambu memiliki kapasitas maksimum mencapai 56,61% dari kapasitas maksimum beton bertulang baja.

Kata Kunci : Bambu, kapasitas lentur, lendutan.

PENDAHULUAN

Pelaksanaan pembangunan infrastruktur waktu demi waktu semakin meningkat, sesuai dengan pemenuh kebutuhan dari semua aspek kehidupan. Pelaksanaan pembangunan tersebut tidak terlepas juga dengan inovasi terhadap semua aspek pendukung dalam pembangunan tersebut. Beton merupakan salah satu bentuk aspek utama dalam

pembangunan infrastruktur baik itu gedung, jembatan, jalan, dll. Beton sederhana dibentuk oleh pengerasan campuran semen, air, agregat halus, agregat kasar (batu pecah atau kerikil), udara, dan kadang-kadang campuran tambahan lainnya (Nawy, 2010).

Beton mempunyai nilai kuat tekan relatif lebih tinggi dibandingkan dengan kuat tariknya. Kuat tekan beton umur 28 hari berkisar antara nilai lebih kurang 10-65

Mpa. Nilai kuat tarik beton hanya berkisar 9% sampai 15% dari kuat tekannya (Mulyono, 2004). Penambahan tulangan pada beton difungsikan untuk menahan gaya tarik yang memikul beban-beban yang bekerja pada beton tersebut. Daerah tekan pada balok juga dapat diperkuat dengan penggunaan tulangan ini. Sehingga beton tersebut tidak hanya berdiri sendiri, yang mana disebut juga dengan beton bertulang.

Semakin mahal harganya harga tulangan baja ini akan sangat memberatkan bagi masyarakat terutama masyarakat golongan ekonomi lemah, dalam upaya mereka untuk memenuhi kebutuhan primernya, yaitu berupa perumahan yang layak huni. Oleh sebab itulah perlu diupayakan mencari alternatif baru pengganti tulangan baja pada beton. Adapun alternatif lain sebagai pengganti tulangan beton tersebut, diantaranya adalah bambu. Bambu merupakan produk hasil alam yang renewable yang dapat diperoleh dengan mudah, murah, mudah ditanam, pertumbuhan cepat, dapat mereduksi efek global warming serta memiliki kuat tarik tinggi (Setiyabudi, 2010).

Bambu dapat digunakan sebagai tulangan beton pengganti baja karena mempunyai kekuatan tarik tinggi yang mendekati kekuatan baja. Seperti yang dikemukakan oleh Morisco (1999), bahwa pemilihan bambu sebagai bahan bangunan dapat didasarkan seperti pada harga yang relatif rendah, pertumbuhan cepat, mudah ditanam, mudah dikerjakan, serta keunggulan spesifik yaitu serat bambu memiliki sifat mekanik yang baik dan rasio yang tinggi antara kekuatan dan berat. Bambu mempunyai kekuatan tarik yang cukup tinggi, antara 100-400 Mpa, hampir menyamai kekuatan tarik besi tulangan setara dengan $\frac{1}{2}$ sampai $\frac{1}{4}$ dari tegangan ultimate besi (Widjaja, 2001) serta (Surjokusumo dan Nugroho, 1993) menunjukkan hasil yang sama dan menurut Morisco, 1996 bahwa kuat tarik bambu dapat mencapai 1280 kg/cm².

Beberapa Penelitian yang Pernah Dilakukan Pada Balok Beton Bambu

Hakim (1987), berdasarkan hasil penelitiannya menyatakan bahwa jenis bambu belah dengan nodia berpengaruh sangat nyata terhadap kekuatan tarik maksimum bambu belah tanpa nodia, sedangkan posisi contoh benda uji tidak berpengaruh secara nyata, rata-

rata kekuatan tarik terendah terdapat pada bambu Apus 2558,46 kg/cm², bambu Wulung 2833,4784 kg/cm², bambu Legi 2835,141 kg/cm², bambu Ori 3062,703 kg/cm², bambu Ampel 3229,014 kg/cm², dan bambu Petung 3958,2324 kg/cm².

Penelitian Morisco (1999), memperlihatkan kekuatan tarik bambu dapat mencapai sekitar dua kali kekuatan tarik baja tulangan. Sebagai pembandingan dipakai baja tulangan beton dengan tegangan leleh sekitar 240 MPa yang mewakili baja beton yang banyak terdapat di pasaran. Dari penelitian diperoleh bahwa kuat tarik kulit bambu Ori cukup tinggi yaitu hampir mencapai 500 MPa, sedang kuat tarik rata-rata bambu Petung juga lebih tinggi dari tegangan leleh baja, hanya satu spesimen yang mempunyai kuat tarik lebih rendah dari tegangan leleh baja.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan metode experimental laboratorium. Penelitian ini dilakukan di laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya.

Bambu yang digunakan sebagai tulangan akan dirajut dengan cara bambu di belah terlebih dahulu dengan ukuran kecil setelah itu bambu belahan dirajut menjadi bambu rajutan untuk tulangan beton.

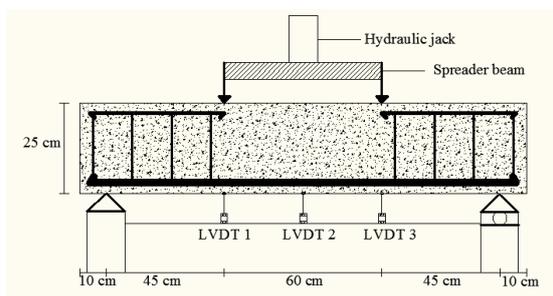


Gambar 1. Rajutan bambu

Benda uji berupa balok beton dengan tulangan (*reinforced concrete*) dengan ukuran 15 x 25 x 170 cm. Balok tersebut diletakkan pada dua tumpuan yang dibebani dengan beban dua beban statik yang terukur pada bentang balok tersebut. Detail benda uji dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

Tabel 1. Klasifikasi Rasio Penulangan

Gambar Penulangan	Dimensi balok b x h (mm)	Tulangan Utama Bambu/ Baja	Tulangan Geser
		Tul. Bambu 5 D12	
	150 x 250	Tul. Bambu 4 D12	$\phi 8 - 150$
		Tul. Bambu 3 D12	
	150 x 250	Tul. Bambu D12	$\phi 8 - 150$
	150 x 250	Tul. Baja 2 D12	$\phi 8 - 150$



Gambar 2. Skema rangkaian pembebanan dan pengujian

Benda uji dibuat menggunakan beton yang sebelumnya telah dibuat mix design-nya. Setelah benda uji mencapai umur 28 hari kemudian diadakan pengujian dan pengambilan data berupa pengambilan beban statik, dan lendutan.

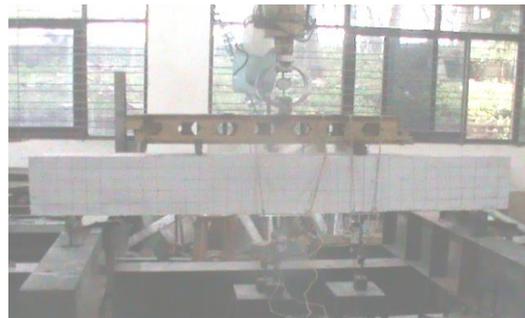
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian kuat tekan Beton

Delapan buah benda uji beton selinder di uji pada umur 28 hari untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan Nilai kuat tekan beton adalah 20 MPa.

Hasil pengujian Lentur balok

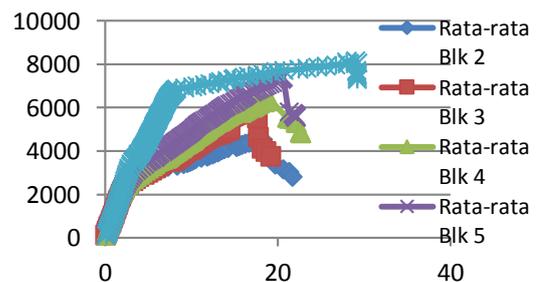
Pengujian lentur pada balok merupakan pengujian yang dilakukan dengan meletakkan balok pada dua tumpuan sederhana, kemudian di beri dua beban garis pada jarak yang telah ditentukan. Lendutan balok di peroleh dari pembacaan LVDT yang diletakan di tengah bentang dan tepat di bawah salah satu beban garis yang di berikan pada balok, seperti yang di tunjukan pada oleh Gambar 3.



Gambar 3. Pengujian lentur balok

Tabel 2. Beban maksimum rata-rata pada Balok Beton.

Benda Uji Balok	P max (Kg)	Lendutan Max (mm)
Rata-rata BK	8067	29,01
Rata-rata BB 2	4567	18,2
Rata-rata BB 3	5517	17,65
Rata-rata BB 4	6367	19,10
Rata-rata BB 5	7342	20,61



Gambar 4. Grafik Hubungan Beban dengan Lendutan Rata-rata Balok

Hasil pengujian Lentutan balok

Tabel. 3. Lentutan dengan Beban yang sama 4567 Kg pada balok beton bertulang bambu

Benda Uji Balok	P (Kg)	Lentutan Max (mm)
Rata-rata BB 2	4567	18,2
Rata-rata BB 3	4567	11,6
Rata-rata BB 4	4567	10,3
Rata-rata BB 5	4567	8,6

Dari hasil Tabel 3 dapat kita lihat nilai lentutan dengan beban 4567kg pada balok beton bertulang bambu. penambahan jumlah tulangan bambu pada balok beton bertulang bambu di daerah tarik menghasilkan nilai lentutan menjadi berkurang dengan beban yang sama.

Teoritis

Analisis Lentur balok beton yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada analisis secara konvensional balok beton. keseimbangan antara gaya tekan pada beton (C) dengan gaya tarik pada tulangan (T) harus terpenuhi. Gaya tarik pada tulangan (T) yaitu hasil perkalian luas tulangan dengan nilai kuat tarik pada tulangan, dan nilai (C) diperoleh dari perkalian luas daerah tekan beton dengan kuat tekan beton. Perhitungan Beban maksimum yang diperoleh pada balok beton dengan berbagai variasi tulangan bambu di sajikan dalam tabel berikut.

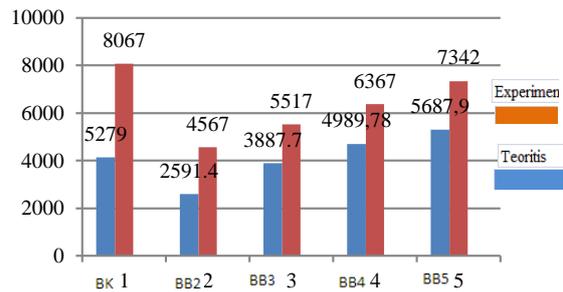
Tabel 4. Beban teoritis maksimum pada Balok Beton.

Benda Uji Balok	P max (Kg)
BK	5279,36
BB 2	2870,65
BB 3	4123,77
BB 4	4989,73
BB 5	5687,90

Perbandingan Beban maksimum antara Hasil Eksperimen dengan Teoritis

Berdasarkan hasil secara teoritis, maka dapat dibandingkan hasil hasil beban maksimum dan lentutan maksimum yang diperoleh secara teoritis dengan beban maksimum dan lentutan maksimum yang

diperoleh dari eksperimen. Perbandingan hasil beban maksimum ditunjukkan oleh Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Perbandingan Beban Maksimum Balok Beton .

Pola Retak

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, dapat diamati pola retak yang terjadi pada balok beton dengan dua tumpuan sederhana dengan berbagai macam variasi tulangan. Pada benda uji balok beton bertulang baja, retak yang terjadi adalah retak akibat lentur yang terjadi di tengah bentang dimana berawal dari retak rambut yang terjadi di tengah bentang sehingga retak tersebut membesar dan mengakibatkan runtuh. Pola keruntuhan balok beton bertulang baja dapat di lihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Pola keruntuhan balok beton bertulang baja

Pada dasarnya pola retak yang terjadi pada benda uji balok beton bertulang bambu dengan berbagai variasi jumlah tulangan mempunyai pola retak keruntuhan yang sama dengan balok beton bertulang baja, dimana retak yang terjadi adalah retak akibat lentur yang terjadi di tengah bentang. Pola keruntuhan balok beton bertulang baja dapat di lihat pada Gambar 7, Gambar 8, Gambar 9 dan Gambar 10.



Gambar 7. Pola keruntuhan balok beton bertulang bambu 2D12



Gambar 8. Pola keruntuhan balok beton bertulang bambu 3D12



Gambar 9. Pola keruntuhan balok beton bertulang bambu 4D12



Gambar 10. Pola keruntuhan balok beton bertulang bambu 5D12

Uji Hipotesis

Suatu pengujian hipotesis statistic ialah prosedur yang dapat digunakan untuk menarik suatu kesimpulan atau keputusan untuk menolak atau menerima hipotesis yang sedang diuji.

Untuk menguji hipotesis, digunakan data yang dikumpulkan dari sampel, sehingga merupakan data prakiraan, itulah sebabnya, keputusan yang dibuat di dalam menolak atau menerima hipotesis mengandung ke tidak pastian, maksudnya keputusan bisa benar atau bisa juga salah. Adanya unsur ketidak pastian menyebabkan timbulnya resiko dalam pembuatan keputusan. Besar kecilnya resiko dinyatakan dalam nilai probabilitas.

Pengujian hipotesis variasi jumlah tulangan bambu terhadap kapasitas beban maksimum balok beton bertulang bambu.

Pengujian hipotesis dalam penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah ada pengaruh penambahan jumlah tulangan bambu terhadap kapasitas beban maksimum balok beton bertulang bambu.

H_0 = tidak terdapat pengaruh yang signifikan antara penambahan jumlah tulangan terhadap kapasitas beban maksimum balok beton.

H_1 = terdapat pengaruh yang signifikan antara penambahan jumlah tulangan terhadap kapasitas beban maksimum balok beton.

Level of signifikan (α) = 5% = 0,05

$F(\alpha; k-1; k(n-1)) = F(0,05; 3; 4) = F_{tabel} = 6,59$

H_0 : diterima apabila $F \leq 6,59$

H_1 : ditolak apabila $F \geq 6,59$

Karena nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ ($26,662 > 6,59$), maka H_0 di tolak. Sehingga terdapat pengaruh yang signifikan antara penambahan rasio tulangan bambu terhadap beban maksimum balok beton bertulang bambu.

Pengujian hipotesis variasi jumlah tulangan bambu terhadap kapasitas lendutan balok beton bertulang bambu.

Pengujian hipotesis dalam penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah ada

pengaruh penambahan jumlah tulangan bambu terhadap kapasitas lendutan balok beton bertulang bambu .

H₀ = tidak terdapat pengaruh yang signifikan terhadap antara penambahan jumlah tulangan terhadap kapasitas lendutan balok beton.

H₁ = tidak terdapat pengaruh yang signifikan terhadap antara penambahan jumlah tulangan terhadap kapasitas lendutan balok beton.

Level of signifikan (α) = 5% = 0,05

Karena nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ ($6,66 > 6,59$), maka H₀ di tolak. Sehingga terdapat pengaruh yang signifikan antara penambahan rasio tulangan bambu terhadap lendutan balok beton bertulang bambu.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil analisis dan pembahasan maka dapat diperoleh kesimpulan penelitian sebagai berikut.

- Kapasitas beban maksimum beton bertulang bambu mengalami peningkatan dengan adanya penambahan rasio tulangan pada daerah tarik balok beton. Kapasitas balok beton bertulang bambu tulangan tarik 2D12 sebesar 4567 kg, pada balok beton bertulang bambu tulangan tarik 3D12 sebesar 5517 kg, pada balok beton bertulang bambu tulangan tarik 4D12 sebesar 6367 kg, pada balok beton bertulang bambu tulangan tarik 5D12 sebesar 7342 kg. Keruntuhan yang terjadi balok beton bertulang bambu adalah keruntuhan akibat lentur pada balok.
- Nilai lendutan menjadi berkurang dengan penambahan tulangan pada daerah tarik balok beton bertulang bambu, dengan beban yang sama 4567 kg untuk balok beton bertulang bambu tulangan tarik 2D12 nilai lendutan 18,2 mm, balok beton bertulang bambu tulangan tarik 3D12 nilai lendutan 11,6 mm, balok beton bertulang bambu tulangan tarik 4D12 nilai lendutan 10,3 mm, balok beton bertulang bambu tulangan tarik 5D12 nilai lendutan 8,6 mm,

- Nilai beban maksimum balok beton bertulang bambu dengan tulangan daerah tarik 2D12 memiliki nilai beban maksimum sebesar 4567 kg yang mencapai 56,61% dari nilai beban maksimum balok beton bertulang baja dengan tulangan daerah tarik 2D12 sebesar 8067 kg.

Saran

Berdasarkan hasil yang diperoleh dalam penelitian ini, maka saran yang dapat diajukan adalah sebagai berikut :

- Menganalisis lebih detail tentang balok beton tulangan bambu dengan rajutan, terhadap balok beton tulangan bambu tanpa rajutan .
- Mengadakan penelitian tentang modifikasi – modifikasi lainnya yang lebih efektif untuk mengatasi kelemahan bambu sebagai tulangan pada beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1977. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971-N.I-2* (PBI 1971) Penerbitan Kelima.
- ACI, 2005, *Building Code Requirement For Structural Concrete*, (ACI-318-05) and *Commentary* (ACI-R318-05), Farmington Hills, Michigan.
- Akmaludin, Thomas C, 2006, *Experimental Verification of an Effective Moment of Inertia Used in The Calculation of Reinforced Concrete Beam Deflection*. UK Petra Surabaya, PP 89-98
- Akmaluddin, Pathurahman 2012 *Effective Moment Of Inertia Approach For Prediction Deflection Of Concrete Beams Reinforced with Twisted Bamboo Cables*
- Dipohusodo, Istimawan. 1999. *Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI-T-15-1991-03 Departemen Umum*. PT Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.
- Edward G. Nawy, P.E *BETON BERTULANG Suatu Pendekatan Dasar* (ISBN 979-3304- 47-2)
- Ghavami, 1995, *Ultimate Load Behavior of bamboo reinforced lightweight Concrete Beams, Cement & Concrete Composites, V 17. Pp 281-288*

- Ghavami, K, 2005, Bamboo as Reinforcement in Structural Concrete Elements, Cement & Concrete Composite, 27, pp 637-649.
- Morisco. 1999. *Rekayasa Bambu*. Yogyakarta (ID) : Nafiri Offset

PENGARUH PENAMBAHAN TULANGAN BAMBU TERHADAP KUAT LENTUR PANEL SEMEN ECENG GONDOK

The Influence of The Addition of Bamboo Reinforcement against Bending Strength Cement Panel Hyacinth

Ahmad Fitri Sujatmiko¹, Sri Murni Dewi², Devi Nuralinah³

¹Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang
Jl. Raya Tlogomas No.246, Malang (0341) 464318

^{2,3}Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang
Jl. M.T. Haryono No. 167, Malang-65145, Jawa Timur

Abstract

This study is a follow-utilization of water hyacinth as a building material wall panel (Emen wall). From previous studies, physical properties, mechanical, acoustic and endurance burn this material meets the standards of building materials PUBI 1982 and ISO and ASTM C423-90a 03-6861.1-2002. In this study, the variable still is a variation of the test specimen without reinforcement with reinforcement of bamboo and bamboo in the form of a model variation of the beam section size (15x20cm) and sectional plates (5x15cm). While the independent variable is in the form of bending strength and deflection in the test specimen. The results showed the effect of bamboo reinforcement against bending strength cement panel hyacinth. On the test object model of the beam section with bamboo reinforcement ratio $\rho = 0$, $\rho = 0.006$ and $\rho = 0.01$, powerful bending $P = 24\text{kg}$, $P = 59\text{kg}$ and $P = 72\text{kg}$. To model the cross section of the plate with a bamboo reinforcement ratio $\rho = 0$, $\rho = 0.017$ and $\rho = 0.025$, stronger bending is $P = 3,33\text{kg}$, $P = 16,33\text{kg}$ and $P = 21,83\text{kg}$.

Keywords: flexural strength, cement panel hyacinth, bamboo reinforcement

Abstrak

Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan pemanfaatan eceng gondok sebagai material bahan bangunan dinding panel (emen wall). Dari kajian terdahulu, sifat fisik, mekanik, akustik dan ketahanan bakar material ini memenuhi standar bahan bangunan PUBI 1982 dan SNI 03-6861.1-2002 serta ASTM C423-90a. Pada penelitian ini, variabel tetap adalah variasi benda uji tanpa tulangan bambu dan dengan tulangan bambu dalam variasi ukuran berupa model penampang balok (15x20cm) dan penampang plat (5x15cm). Sedangkan variabel bebas adalah berupa kuat lentur dan defleksi pada benda uji. Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh penambahan tulangan bambu terhadap kuat lentur panel semen eceng gondok. Pada benda uji model penampang balok dengan rasio tulangan bambu $\rho=0$, $\rho=0,006$ dan $\rho=0,01$ kuat lenturnya adalah $P=24\text{kg}$, $P=59\text{kg}$ dan $P=72\text{kg}$. Untuk model penampang plat dengan rasio tulangan bambu $\rho=0$, $\rho=0,017$ dan $\rho=0,025$ kuat lenturnya adalah $P=3,33\text{kg}$, $P=16,33\text{kg}$ dan $P=21,83\text{kg}$.

Kata kunci: kuat lentur, panel semen eceng gondok, tulangan bambu

PENDAHULUAN

Eceng gondok/Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes (mart) solm*) merupakan tumbuhan air yang sulit diberantas (gulma) dengan kapasitas produksi mencapai 4-5 ton per ha / tahun (Supriyanto, 2000).

Dari kajian awal diketahui bahwa tanaman eceng gondok memiliki kadar serat sedang dengan panjang 1,75 – 2,12 mm dan

berdiameter 11,15 – 11,65 μm pada batangnya, hal ini menjadikan serat eceng gondok sesuai untuk bahan baku mentah pada industri panel semen dan papan serat lainnya (Joedodibroto, 2001). Hal ini juga sesuai dengan Peraturan Umum Bahan Bangunan Indonesia (PUBI tahun 1982), bahwa serat batang dari tanaman eceng gondok bisa digunakan sebagai bahan baku campuran industri panel papan semen.

Hal-hal yang bersifat khusus dari material panel papan semen ditentukan oleh dua bagian utama yaitu kayu dan semen. Bahan Kayu mempunyai sifat bahan yang ringan dan elastis serta mudah untuk dikerjakan. Adapun bahan semen mempunyai sifat yang tahan terhadap api dan tahan terhadap air serta jamur dan rayap. Gabungan dari kedua sifat tersebut menjadikan material panel papan semen eceng gondok ini mempunyai beberapa keunggulan bahan yang tidak dimiliki material lain.

Penelitian tentang bambu oleh **Morisco** (1994-1999) didapatkan kenyataan bahwa kuat tarik bambu sangat tinggi. Sebagai perbandingan pada tulangan baja pada beton mempunyai tegangan leleh sebesar 240 Mpa, dari pengujian tegangan tarik berbagai jenis bambu adalah sebagai berikut: bambu ori 417 Mpa, bambu petung 285 Mpa, bambu hitam 237 Mpa dan bambu tutul 286 Mpa.

Dari latar belakang ini, maka dibuat sebuah material bahan bangunan alternatif berupa dinding panel semen eceng gondok (emen wall) dengan penambahan tulangan bamboo sebagai perkuatan lentur. Pada kajian ini akan difokuskan pada pemeriksaan kekuatan lentur panel semen eceng gondok perkuatan tulangan bambu dalam skala laboratorium.

METODE PENELITIAN

Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini, variabel tetap adalah variasi jumlah tulangan bambu dalam panel semen eceng gondok. Sedangkan variabel bebas adalah kuat lentur berupa kapasitas penampang dalam bentuk P teoritis.

Untuk benda uji elemen balok (Model A), variabel tetap berupa variasi benda uji ke-1 tanpa tulangan $\rho=0$, benda uji ke-2 menggunakan tulangan sejumlah $\rho=0,006$ dan benda uji ke-3 dengan tulangan $\rho=0,01$.

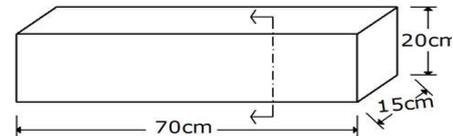
Untuk benda uji elemen plat (Model B), variabel tetap berupa variasi benda uji ke-1 tanpa tulangan $\rho=0$, benda uji ke-2 menggunakan tulangan sejumlah $\rho=0,017$ dan benda uji ke-3 dengan tulangan $\rho=0,025$.

Pembuatan Benda Uji

Benda uji panel panel semen eceng gondok dibuat dengan komposisi eceng gondok : semen adalah 1 : 2,5 perbandingan berat. Benda uji dibuat menjadi 2 model yaitu: model A berupa

balok dengan dimensi 15x20x70cm dan model B berupa plat panel dengan dimensi 15x5x70cm. Kedua model akan diberi variasi dengan penambahan tulangan dari bambu diameter kotak Φ 8mm. Masing-masing variasi dibuat sebanyak 3 sampel.

Model A (benda uji balok)



Potongan melintang:



Model A.1
(Balok tanpa tulangan)

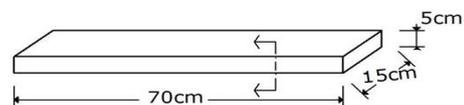


Model A.2
(Balok + tulangan bambu 3=8mm)



Model A.3
(Balok + tulangan bambu 5=8mm)

Model B (benda uji panel plat)



Potongan melintang:



Model B.1
(Plat tanpa tulangan)



Model B.2
(Plat + tulangan bambu 3=8-100mm)



Model B.3
(Plat + tulangan bambu 3=8-50mm)

Gambar 1. Sketsa benda uji

Persamaan yang digunakan

Untuk menghitung kekakuan lentur benda uji, menggunakan standar Pd M-18-2000-3 (*Metode Pengujian Lentur Panel Kayu Struktural*). Dari hasil pengujian, didapat data beban (P) dan lendutan (Δ). Kekakuan lentur benda uji didapatkan dengan persamaan berikut

$$EI = (L^3/48) \cdot (P/\Delta)$$

Dimana:

EI = Modulus elastisitas x Momen inersia

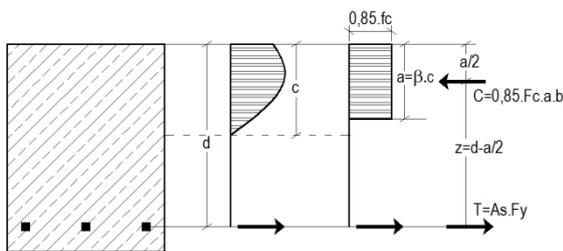
P/Δ = kemiringan kurva beban-lendutan

L = Panjang bentang (mm)

Perhitungan Kuat Lentur

Analisis lentur balok papan semen eceng gondok bertulangan bambu yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada pendekatan keseimbangan antara gaya tekan beton (C) dan gaya tarik pada tulangan bambu (T) yang harus terpenuhi. Gaya tarik pada tulangan bambu (T) diperoleh dari hasil perkalian tegangan lekatan (pull out) dengan luas geser tulangan. Berdasarkan hasil penelitian terdahulu, keruntuhan balok bertulangan bambu diakibatkan oleh hilangnya lekatan antara tulangan bambu dan mortar.

Skema pendekatan keseimbangan antara gaya tarik tulangan bambu (T) dan gaya tekan material papan semen eceng gondok (C) diuraikan seperti pada gambar berikut.



Gambar 2. Skema diagram penampang

Dalam penelitian ini ada dua perlakuan benda uji yaitu benda uji tanpa tulangan bambu dan benda uji dengan tulangan bambu.

Untuk benda uji tanpa tulangan bambu, P teoritis diturunkan dari persamaan berikut

$$Flt = \frac{M.y}{I}$$

Dimana ;

$$M = \text{Momen} = \frac{1}{4} \cdot P \cdot L$$

$$c = \text{garis netral}$$

$$I = \text{Inersia} = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$

Untuk benda uji tanpa tulangan bambu, nilai garis netral penampang, $y = \frac{1}{2} \cdot h$. Sehingga persamaan di atas dapat disederhanakan sebagai berikut

$$Flt = \frac{3.P.L}{2.b.h^2}$$

Sehingga

$$P_{teoritis} = \frac{2.b.h^2.Flt}{3.L}$$

Keterangan :

Flt = kuat lentur (uji terdahulu)

P = beban maksimum yang mengakibatkan keruntuhan balok uji

L = panjang bentang diantara kedua balok

tumpuan, dalam mm

b = lebar balok rata-rata, dalam mm

h = tinggi balok rata-rata, dalam mm.

y = garis netral diagram

Adapun untuk benda uji dengan penambahan tulangan bambu, nilai P teoritis diperoleh dari pendekatan skema diagram penampang pada balok beton bertulangan sebagaimana pada gambar 2, yang diuraikan sebagai berikut.

$$a = \frac{As.Fy}{0,85.fc.b}, c = 0,85 \cdot a$$

$$Mn = As.Fy.(d-a/2)$$

$$M = \frac{1}{4} \cdot P \cdot L$$

$$\rightarrow P_{teoritis} = \frac{4.Mn}{L}$$

Dimana:

As = Luas selimut tulangan bambu

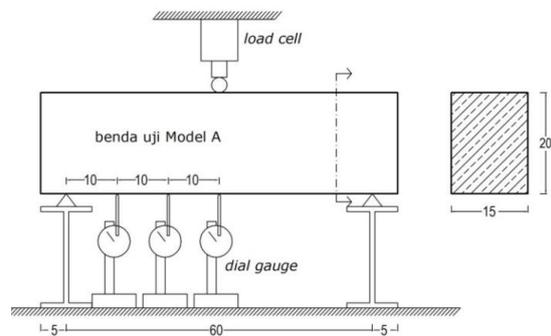
Fy = Kuat geser bambu (uji pull out)

Fc = kuat tekan papan eceng gondok

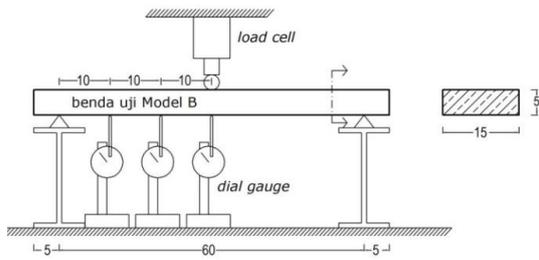
b = Lebar penampang benda uji

Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian kuat lentur benda uji ini menggunakan tata cara pengujian sesuai SNI 03-4154-tahun 1996. Kuat lentur benda uji dilaksanakan dengan memakai alat uji tekan konvensional. Lokasi beban diletakkan di tengah benda uji dan di bawahnya diberi alat *dial gauge* untuk mencatat defleksi yang terjadi. Pembebanan dilakukan dengan interval tertentu dan pencatatan defleksi menyesuaikan interval beban tersebut. Penambahan beban (P) dilakukan secara terus menerus sampai benda uji mengalami keruntuhan. Metode pengujian disajikan seperti pada gambar berikut.



Gambar 3. Setting pengujian 1



Gambar 4. Setting pengujian 2



Gambar 5. Foto pengujian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian

Hasil dari pengujian benda uji elemen balok (Model A) berupa data interval beban (P) dan lendutan (Δ) dimasukkan dalam tabel 1, untuk kemudian dianalisa lebih lanjut.

Dari data beban (P) dan lendutan (Δ) hasil penelitian juga dibuat grafik hubungannya. Dari grafik ini terlihat bahwa dengan adanya penambahan tulangan bambu pada material panel semen eceng gondok mengakibatkan material lebih kuat dalam menahan beban (P) yang berarti semakin tinggi kuat lenturnya.

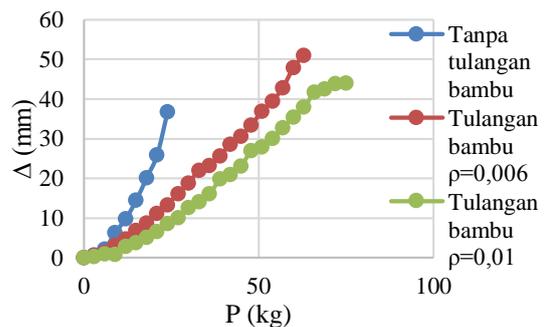
Adanya penambahan tulangan bambu pada material panel semen eceng gondok bekerja secara efektif dalam meningkatkan kuat lentur.

Dari pengujian laboratorium terlihat bahwa saat terjadi keruntuhan material, tulangan bambu tidak mengalami putus tarik. Hal ini mengindikasikan bahwa lekatan (*bonding*) antara tulangan bambu dan mortar semen eceng gondok merupakan bagian yang terlemah, yang perlu untuk diteliti lebih lanjut.

Adapun hasil dari pengujian benda uji elemen plat (Model B) berupa data interval beban (P) dan lendutan (Δ) dimasukkan dalam tabel 2.

Tabel 1.Rekapitulasi P- Δ (Model A)

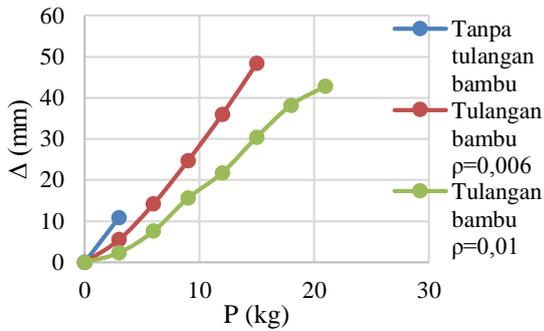
Beban-P (kg)	Lendutan - Δ (mm)		
	Tanpa tulangan bambu	Tulangan bambu $\rho=0,006$	Tulangan bambu $\rho=0,01$
0	0	0	0
3	0,66	0,597	0,329
6	2,138	1,408	0,963
9	6,365	3,091	0,889
12	9,79	4,715	2,805
15	14,474	6,851	3,827
18	20,188	8,773	5,134
21	25,899	11,104	6,668
24	36,83	13,362	8,577
27		16,187	10,117
30		18,797	12,583
33		22,064	14,135
36		23,196	16,126
39		25,647	19,847
42		28,628	20,988
45		30,629	23,144
48		33,477	27,055
51		36,929	27,87
54		39,438	30,085
57		42,85	32,755
60		47,873	35,398
63		51,003	37,93
66			41,698
69			42,511
72			43,868
75			44,012



Gambar 6. Grafik hubungan P- Δ (Model A)

Tabel 2.Rekapitulasi P- Δ (Model B)

Beban-P (kg)	Lendutan - Δ (mm)		
	Tanpa tulangan bambu	Tulangan bambu $\rho=0,006$	Tulangan bambu $\rho=0,01$
0	0	0	0
3	10,822	5,496	2,343
6		14,203	7,567
9		24,676	15,585
12		35,972	21,76
15		48,38	30,41
18			38,217
21			42,828



Gambar 7. Grafik hubungan P-Δ (Model B)

Hubungan Momen dan kelengkungan

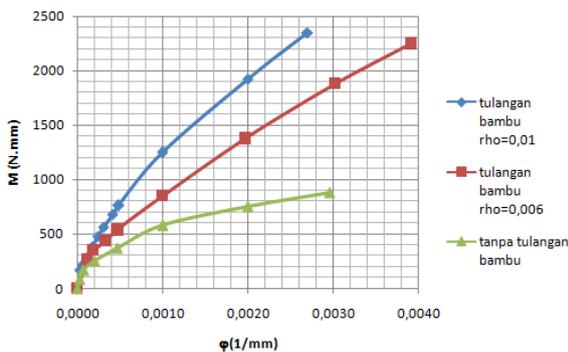
Untuk menghitung kekakuan lentur benda uji (EI) menggunakan formula (1), sedangkan untuk kelengkungan ($\phi = \frac{d^2y}{dx^2}$) dan momen ($M = \phi \cdot EI$). Hasil perhitungan EI, ϕ dan M pada benda uji elemen balok (model A) secara ringkas dimasukkan dalam tabel 3. Adapun hasil perhitungan EI, ϕ dan M pada benda uji elemen plat (model B) secara ringkas dimasukkan dalam tabel 4.

Tabel 3.Rekapitulasi M-φ (Model A)

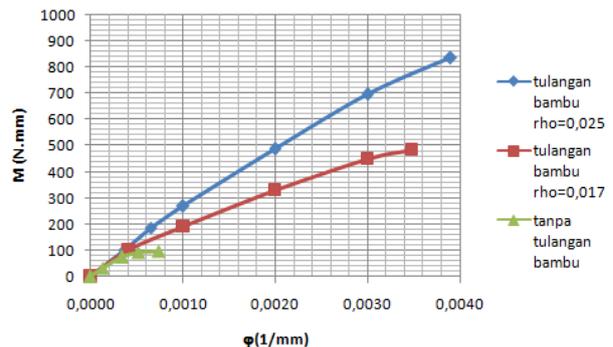
P (kg)	Δ ₁ (mm)	Δ ₂ (mm)	Δ ₃ (mm)	EI (N.mm ²)	φ (1/mm)	M (N.mm)
0	0,000	0,000	0,000	-	-	0
3	0,173	0,232	0,336	4.017.857	0,0000	83,57143
6	0,575	0,776	1,140	2.368.421	0,0001	172,4211
9	1,491	2,108	3,095	1.308.562	0,0002	258,3102
12	3,179	4,477	6,815	792.370	0,0005	370,5121
15	4,083	5,883	9,157	737.141	0,0007	482,6799
18	6,155	8,718	13,944	580.895	0,0010	607,1515
21	10,300	14,071	22,897	412.718	0,0018	728,5295
24	14,150	19,686	31,015	348.219	0,0023	788,9937
27	18.802	26,065	40,879	297.219	0,0030	880,5993
L =	600	mm				
λ =	100	mm				
b =	150	mm				
d =	155	mm				

Tabel 4.Rekapitulasi M-φ (Model B)

P (kg)	Δ ₁ (mm)	Δ ₂ (mm)	Δ ₃ (mm)	EI (N.mm ²)	φ (1/mm)	M (N.mm)
0	0,000	0,000	0,000	-	-	0
1	1,095	1,052	1,675	268.657	0,0001	33,47463
2	2,420	2,387	4,097	219.673	0,0003	75,12814
3	4,563	4,943	7,553	178.737	0,0005	93,30068
3.5	6,893	8,318	12,029	130.934	0,0007	97,1789
L =	600	mm				
λ =	100	mm				
b =	150	mm				
d =	40	mm				



Gambar 8. Grafik hubungan M-φ (Model A)



Gambar 9. Grafik hubungan M-φ (Model B)

Kuat Lentur

Dengan menggunakan formula (4) untuk benda uji tanpa tulangan bambu dan formula (5) untuk benda uji menggunakan tulangan bambu, dapat digunakan sebagai parameter untuk menghitung kuat lentur ($P_{teoritis}$).

Hasil perhitungan ($P_{teoritis}$) ini kemudian akan dibandingkan dengan P_{maks} (hasil pengujian di laboratorium. Secara ringkas dijelaskan pada tabel 5 dan gambar 10.

Dari grafik kuat lentur benda uji model balok (model A) terlihat bahwa penambahan tulangan bambu menyebabkan kuat lentur panel semen eceng gondok semakin meningkat.

Perhitungan secara teoritis dan hasil pengujian di laboratorium menunjukkan proporsionalitas penelitian yang cukup baik.

Untuk benda uji model plat (Model B), hasil penelitian disajikan pada tabel 6 dan gambar 11.

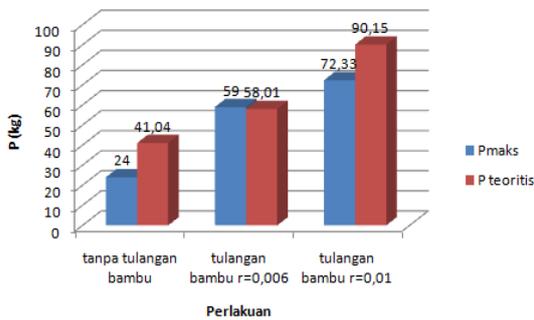
Dari grafik kuat lentur benda uji model plat (model B) terlihat bahwa penambahan tulangan bambu menyebabkan kuat lentur panel semen eceng gondok semakin meningkat. Perhitungan secara teoritis dan hasil pengujian di laboratorium menunjukkan proporsionalitas penelitian yang cukup baik

Tabel 5. Rekapitulasi kuat lentur, P (Model A)

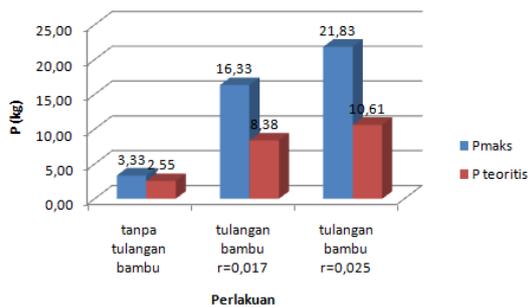
Benda Uji	P (kg)					
	Tanpa tulangan bambu		Tulangan bambu $\rho=0,006$		Tulangan bambu $\rho=0,01$	
	P_{max}	$P_{teoritis}$	P_{max}	$P_{teoritis}$	P_{max}	$P_{teoritis}$
1	27	41,04	63	58,01	80	90,147
2	21	41,04	48	58,01	66	90,147
3	24	41,04	66	58,01	71	90,147
Rata-rata	24	41,04	59	58,01	72,33	90,15

Tabel 6. Rekapitulasi kuat lentur, P (Model B)

Benda Uji	P (kg)					
	Tanpa tulangan bambu		Tulangan bambu $\rho=0,017$		Tulangan bambu $\rho=0,025$	
	P_{max}	$P_{teoritis}$	P_{max}	$P_{teoritis}$	P_{max}	$P_{teoritis}$
1	3,5	2,55	15	8,378	23,5	10,608
2	3	2,55	17	8,378	21	10,608
3	3,5	2,55	17	8,378	21	10,608
Rata-rata	3,33	2,55	16,33	8,38	21,83	10,61



Gambar 10. Grafik kuat lentur, P (Model A)



Gambar 9. Grafik kuat lentur, P (Model B)

Uji Statistik

Dengan menggunakan analisa statistik ANOVA (Analysis of Variance) 1 arah diperoleh nilai Fhitung (=36,81) lebih besar dari Ftabel (5%=5,14 dan 1%=10,92) untuk benda uji elemen balok (model A). Sedangkan nilai Fhitung (=232,07) lebih besar dari Ftabel (5%=5,14 dan 1%=10,92) untuk benda uji elemen plat (model B).

Sehingga hipotesa H_0 ditolak dan H_1 diterima, dimana;

H_0 = Tidak ada perbedaan kuat lentur papan semen eceng gondok dengan berbagai variasi penambahan tulangan bambu ($A_1=A_2=A_3$ dan $B_1= B_2 = B_3$).

H_1 = Ada perbedaan (pengaruh) kuat lentur papan semen eceng gondok dengan berbagai variasi penambahan tulangan bambu ($A_1 \neq A_2 \neq A_3$ dan $B_1 \neq B_2 \neq B_3$).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- Dari grafik hubungan P- Δ terlihat bahwa dengan adanya penambahan tulangan bambu pada material panel semen eceng gondok menyebabkan penurunan lendutan benda uji (kekakuan semakin meningkat).
- Hasil pengujian pada benda uji model penampang balok (model A) dengan rasio tulangan bambu $\rho=0$, $\rho=0,006$ dan $\rho=0,01$ kuat lenturnya adalah P=24kg, P=59kg dan P=72kg. Untuk model penampang plat (model B) dengan rasio tulangan bambu $\rho=0$, $\rho=0,017$ dan $\rho=0,025$ kuat lenturnya adalah P=3,33kg, P=16,33kg dan P=21,83kg. Penambahan tulangan bambu pada material papan semen eceng gondok menyebabkan kenaikan kuat lenturnya.
- Dari uji statistik untuk benda uji elemen balok (model A) diperoleh nilai Fhitung = 36,816 lebih besar dari Ftabel = 5,14 ($\alpha=5\%$) dan Ftabel = 10,92 ($\alpha=1\%$). Adapun untuk benda uji elemen plat (model B) nilai Fhitung = 232, lebih besar dari Ftabel = 5,14 ($\alpha=5\%$) dan Ftabel = 10,92 ($\alpha=1\%$). Jadi terlihat adanya pengaruh penambahan tulangan bambu terhadap kuat lentur papan semen eceng gondok ($F_{hitung} > F_{tabel}$)

Saran

- Perlunya dibuat berbagai variasi model dan pola penulangan bambu terhadap material papan semen eceng gondok untuk mendapatkan penulangan yang lebih optimal.
- Perlu dilakukan uji tarik (*pull out*) tulangan bambu terhadap papan semen eceng gondok.
- Perlunya dibuat benda uji dalam skala penuh untuk mendapatkan data yang lebih akurat.
- Untuk penelitian selanjutnya, perlu memeriksa terlebih dahulu properti material panel semen eceng gondok simultan dalam satu waktu saat pembuatan benda uji.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin D L, Sri Murni Dewi, Wisnumurti, 2015, Pengaruh Penambahan Kait Pada Tulangan Bambu Terhadap Respon Lentur Balok Beton Bertulangan Bambu, Jurnal Rekayasa Sipil/Volume 9, No 2, Univ. Brawijaya Malang
- Amir, A.H. 2002, Pemanfaatan Limbah Kayu Untuk Bahan Bangunan (Laporan Proyek), Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Andriati, A.H. 2000, Pemanfaatan Limbah Untuk Bahan Bangunan (Laporan Proyek), Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- ASTM C423-90a, Standar Pengujian Akustik.
- Ghafari, K.,1990, Application of Bamboo as a lowcostConstruction Material: 270-279. In Rao,I.V.R., Gnanaharan, R. & Shastry, C.B.,Bamboos Current Research, The KeralaForest Research Institute-India, and IDRC, Canada.
- Morisco, 2006, Pemberdayaan Bambu untuk Kesejahteraan Rakyat dan Kelestarian Lingkungan, Pidato Pengukuhan Guru Besar Fakultas Teknik Univ. Gajahmada, Yogyakarta
- Moslemi AA, 1989, Correlation Between Wood Cement Compatibility and Wood ExtractivesForest Product Journal 39(6) : 55-58, New York
- Neville, A.M. 1981, Properties of Concrete, Longman Scientific& Technical, New York.
- Pathurahman, Jauhar Fajrin.2003 .Aplikasi Bambu Pilinan Sebagai Tulangan BalokBeton. Jurnal Dimensi Teknik Sipil Vol 5, No. 1, Maret 2003: 39 – 44. Univ. Kristen Petra. Surabaya
- Popov, E.P, 1984, Mekanika Teknik (terjemahan), Penerbit Erlangga, Jakarta
- R Park & T Paulay, 1975, Reinforced Concrete Structures, John Willey & Sons Inc, Canada
- Simatupang. 1974. Pembuatan dan Penggunaan Campuran Semen dan Kayu Sebagai Bahan Bangunan. Kehutanan Indonesia. PP 390-392
- SNI SNI 03-4154-1996, Metode Pengujian Kuat Lentur Beton dengan Balok Uji Sederhana yang Dibebani Terpusat Langsung.

**PENGGUNAAN ABU AMPAS TEBU (*BAGASSE ASH OF SUGAR CANE*)
SEBAGAI BAHAN PENGGANTI FILLER PADA CAMPURAN ASPAL PANAS
(*HOT MIX*) LATASIR B**

*Use of Bagasse Ash of Sugarcane as Filler Substitute Material in
Mixed Asphalt Hot Mix Latasir B*

Alik Ansyori Alamsyah¹, Hari Eko Meiyanto²

^{1,2}. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Malang
Jl. Raya Tlogomas No.246, Malang (0341) 464318
Email: alik.syah@yahoo.com

Abstract

The Portland Cement (PC) is used as a filler for asphalt mix is very limited , so it sought an alternative to the use of filler. Specimens are made comprised of three major groups , namely : cement and bitumen of penetration 80/100 (PC) , bagasse ash and bitumen of penetration 80/100 with (U.S.) and the ash residue cane with a variation of the collision and penetration bitumen 80/100 with (U.S.) . Filler levels for each mixtures was 8.13% and 7.40% OBC generated. For (AT) levels filler used is 5.00 % , 10.00 % , 15.00 % , 20.00 % , and 25.00 % OBC for each mixture was 7.40% and the resulting levels of filler optimum bagasse ash of 7.10 % . Carrying capacity of filler cement (PC) in a mixture of filler OBC 7.40% 8.13% yield and stability of the value of 720 kg , the carrying capacity of bagasse ash (AT) in a mixture of 7.40% OBC and filler 7.10% yield stability values 823.35 kg , while carrying a mixed impact on OBC 45 7.40% 7.10 % filler and produce value stability 840.66 kg.

Keyword: *Bagasse Ash of Sugar Cane, Hot Mix Asphalt, Latasir B*

Abstrak

Semen Portland (PC) digunakan sebagai filler untuk campuran aspal sangatlah terbatas, sehingga diupayakan penggunaan alternatif pengganti filler. Benda uji yang dibuat terdiri dari tiga kelompok besar yaitu : semen dan aspal penetrasi 80/100 (PC), abu ampas tebu dan aspal penetrasi 80/100 dengan (AS) dan abu ampas tebu dengan variasi tumbukan dan aspal penetrasi 80/100 dengan (AS). Kadar filler untuk masing-masing campuran adalah 8,13% dan dihasilkan KAO 7,40%. Untuk (AT) Kadar filler yang digunakan adalah sebesar 5,00%, 10,00%, 15,00%, 20,00%, dan 25,00% KAO untuk masing – masing campuran adalah 7,40% dan dihasilkan kadar filler abu ampas tebu optimum sebesar 7,10%. Daya dukung filler semen (PC) pada campuran KAO 7,40% dan filler 8,13% menghasilkan nilai stabilitas 720 kg, daya dukung abu ampas tebu (AT) pada campuran KAO 7,40% dan filler 7,10% menghasilkan nilai stabilitas 823,35 kg.

Kata Kunci : Abu Ampas Tebu, Campuran Aspal Panas, Latasir B

PENDAHULUAN

Campuran aspal panas disebut juga *hot mix* karena dicampurkan dalam keadaan panas. Lapisan atas tipis pasir (latasir) merupakan salah satu konstruksi perkerasan yang di pakai di Indonesia yang ditujukan untuk jalan dengan lalu lintas ringan. Jenis campuran beraspal ini merupakan campuran yang terdiri dari aspal dan agregat dengan gradasi menerus. Dalam beberapa hal diperlukan bahan pengisi (filler) tambahan

untuk menjamin tercapainya sifat-sifat campuran, tetapi pada umumnya penggunaan mineral bahan pengisi dibatasi. Campuran ini dihampar lalu dipadatkan dalam keadaan panas.

Limbah hasil industry gula yang kebanyakan belum dimanfaatkan, merupakan salah satu alternatif yang memungkinkan untuk digunakan sebagai bahan campuran aspal terutama bahan pengisi (*filler*). Keberadaan abu ampas tebu yang melimpah di Indonesia masih tidak dimanfaatkan dengan

baik. Diantara sekian banyak kegunaan sekam padi, sebagian besar digunakan sebagai bahan pupuk tanaman tebu. Dibandingkan dengan potensinya, pemanfaatan abu ampas tebu ini tampak monoton dan juga bernilai guna rendah.

Dengan demikian, abu ampas tebu yang diperoleh melalui sisa – sisa proses pembakaran dari pabrik PT. Rajawali 1 PG. Kerebet Baru kecamatan bululawang kabupaten Malang diharapkan mempunyai sifat – sifat yang sesuai jika digunakan sebagai *filler* adalah salah satu upaya mencari alternatif lain bahan *filler* sebagai abu batu, kapur dan semen yang sudah biasa digunakan. Abu ampas tebu pada pabrik PT. Rajawali 1 PG. Kerebet Baru dapat menghasilkan ± 70 ton pertahun. Berdasarkan hasil dari prapenelitian yang dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Universitas Muhammadiyah Malang, dari 1000 gram abu ampas tebu yang lolos pada saringan #200 = 810 gram abu ampas tebu. Hal inilah yang menjadi landasan dasar untuk melanjutkan penelitian ini selain abu ampas tebu tersebut memiliki kandungan silica yang cukup tinggi.

Penelitian Terdahulu

H. Muchtar Syarkawi, meneliti pemanfaatan abu ampas tebu sebagai bahan substitusi filler terhadap karakteristik campuran aspal beton. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh pemanfaatan Abu Ampas tebu dari Pabrik Gula Takalar dengan variasi filler terhadap nilai karakteristik campuran aspal beton. Filler yang digunakan adalah Abu Ampas Tebu dan abu batu dari PT. Bumi Karsa Sulawesi Selatan. Karakteristik campuran meliputi nilai VIM, VMA, stabilitas, flow dan Marshall Quotien. Percobaan pertama dilakukan untuk menganalisis karakteristik campuran akibat pengaruh variasi filler dan kadar aspal, sekaligus penentuan kadar aspal optimum dengan variasi kadar aspal 4,5%, 5%, 5,5%, 6% dan 6,5%. Percobaan kedua dengan kadar aspal optimum untuk menganalisis nilai stabilitas sisa dari uji Marshall *Immersion*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai uji karakteristik Abu Ampas Tebu memenuhi syarat jika digunakan sebagai bahan campuran aspal beton. Secara umum nilai stabilitas tertinggi pada penambahan abu ampas tebu 9 % dengan nilai stabilitas (1640,72 kg). Pada

campuran dengan Abu ampas tebu, diperoleh kadar aspal optimum (5,00%), nilai flow tertinggi 9 % (3,76 mm), VIM 18 % (4,07 %), VMA 18 % (9,71 %), dan uji Marshall *Immersion* (81,90 %). Campuran yang menggunakan abu ampas tebu sebagai filler dengan penambahan laston mampu bersaing dengan campuran yang menggunakan abu batu atau portland cement (PC).

Pengertian perkerasan

Menurut Silvia Sukirman (2003), Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Agar perkerasan jalan yang sesuai dengan mutu yang diharapkan, maka pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan dari bahan penyusun perkerasan jalan sangat diperlukan.

Aspal Beton

Beton aspal adalah tipe campuran pada lapisan penutup konstruksi perkerasan jalan yang mempunyai nilai struktural dengan kualitas yang tinggi, terdiri atas agregat yang berkualitas yang dicampur dengan aspal sebagai bahan pengikatnya. Material-material pembentuk beton aspal dicampur di instalasi pencampur pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi, dihamparkan, dan dipadatkan.

Dalam pencampuran aspal harus dipanaskan untuk memperoleh tingkat kecairan (viskositas) yang tinggi agar dapat mendapatkan mutu campuran yang baik dan kemudahan dalam pelaksanaan. Pemilihan jenis aspal yang akan digunakan ditentukan atas dasar iklim, kepadatan lalu lintas dan jenis konstruksi yang akan digunakan.

Bahan Penyusun Lapisan Perkerasan LATASIR-B (Lapisan Atas Tipis Pasir)

Menurut Silvia Sukirman 2003, Aspal di definisikan sebagai material perekat (*cementitious*), berwarna hitam atau coklat tua, dengan unsur utama bitumen. Aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, dan

bersifat termoplastis. Jadi, aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, dan kembali membeku jika temperatur turun.

Sifat Aspal

Menurut Silvia Sukirman (2003), aspal memiliki 2 fungsi sebagai material perkerasan jalan, yaitu :

- Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat dan antara sesama aspal.
- Bahan pengisi, mengisi rongga antar butir agregat dan pori-pori yang ada di dalam butir agregat itu sendiri.

Agregat Kasar

Agregat bergradasi baik adalah agregat yang ukuran butirannya terdistribusi merata dalam satu rentang ukuran butir. Fungsi agregat kasar dalam campuran panas aspal adalah selain memberikan stabilitas dalam campuran juga sebagai pengisi mortar sehingga campuran menjadi ekonomis. Fraksi agregat kasar yaitu tertahan pada saringan #8 (2,36mm), fungsi agregat kasar adalah sebagai berikut :

- Memberikan stabilitas campuran dari kondisi saling mengunci dari masing-masing agregat kasar dan dari tahanan gesek terhadap suatu aksi perpindahan.
- Stabilitas ditentukan oleh bentuk dan tekstur permukaan agregat kasar (kubus dan kasar).

Menurut Sukiman (1999) agregat kasar harus terdiri dari material yang bersih, keras, awet dan bebas dari kotoran atau bahan yang tidak dikehendaki. Umumnya dipersyaratkan sebagai berikut:

- Keausan agregat yang diperiksa dengan mesin Los Angeles pada 500 putaran (PB 0206-76) harus mempunyai nilai maksimum 40%.
- Kelekatan terhadap aspal (PB 0205-76) harus lebih besar dari 95%.
- Indeks kepipihan agregat, maksimum 25%(BS).
- Peresapan agregat terhadap air (PB 0202-76), maksimum 3%.
- Berat jenis semu/ apparent agregat (PB 0202-76), minimum 2,50.

- Guplan lempung agregat, maksimum 0,25%.
- Bagian-bagian batu yang lunak dari agregat, maksimum 5%.

Tabel 1. Gradasi Agregat Kasar

UKURAN SARINGAN		PERSEN BERAT YANG LOLOS	
Mm	ASTM	Camp. normal	Camp. lapis perata
19,10	3 / 4	100	100
12,7	1 / 2	30-100	95-100
9,5	3 / 8	0-55	50-100
4,75	# 4	0-10	0-50
0,075	# 200	0-1	0-5

Sumber : petunjuk praktikum pemeriksaan bahan dan campuran Aspal panas

Agregat Halus

Agregat halus yaitu terdiri dari pasir atau pengayakan batu pecah lolos saringan #8 dan tertahan #200, fungsi agregat halus adalah sebagai berikut :

- Menambah stabilitas dari campuran dengan memperkokoh sifat saling mengunci dari agregat kasar dan juga untuk mengurangi rongga udara agregat kasar.
- Semakin kasar tekstur permukaan agregat halus akan menambah stabilitas campuran dan menambah kekasaran permukaan.
- Agregat halus pada #8 sampai dengan #30 penting dalam memberikan kekasaran yang baik untuk kendaraan pada permukaan aspal.
- Pada *Gap Graded*, agregat halus pada #8 sampai dengan #30 dikurangi agar diperoleh rongga udara yang memadai untuk jumlah aspal tertentu, sehingga permukaan *Gap Graded* cenderung halus.
- Agregat halus pada #30 sampai dengan #200 penting untuk menaikkan kadar aspal, akibatnya campuran akan lebih awet.
- Keseimbangan proporsi penggunaan agregat kasar dan halus penting agar diperoleh permukaan yang tidak licin dengan jumlah kadar aspal yang diinginkan.

Persyaratan gradasi agregat halus di lampirkan pada tabel :

Tabel 2. Gradasi agregat halus

UKURAN SARINGAN		PERSEN BERAT YANG LOLOS		
Mm	ASTM	LATASIR KELAS A	LATASIR KELAS B	LATASTON, LASTON, ATB
9,5	3/8"	100	100	100
4,75	# 4	98 – 100	72 – 100	100
2,36	# 8	95 – 100	72 – 100	95 – 100
600 μ	# 30	76 – 100	25 – 100	75 – 100
75 μ	# 200	0 – 8	0 – 8	0 – 5

Sumber : Panduan Praktikum Jalan Raya (2011).

Bahan Pengisi *Filler*

Bahan Pengisi (*filler*) adalah suatu bahan berbutir halus yang lewat ayakan No. #200 tidak kurang dari 75% berat awal. Bahan filler berupa : debu batu, kapur, portland cement, atau bahan lain. (Suprpto TM, 2000)

Abu Ampas Tebu

Abu ampas tebu merupakan hasil pembakaran dari limbah ampas tebu. Abu ampas tebu mempunyai sifat khusus yaitu mengandung senyawa kimia yang bersifat pozzolan, yaitu mengandung silika (SiO₂), suatu senyawa yang bila dicampur dengan semen dan air dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik beton pada aspal. H. Muchtar Syarkawi (2011).

Abu ampas tebu diyakini memiliki sifat-sifat yang baik sebagai *filler* pematat karena memiliki sifat sementasi disamping ukuran butirannya yang relatif kecil (lolos saringan No. #200) yang mempermudah dalam menyusup kedalam pori-pori agregat.

Penentuan Campuran Nominal

Rencana campuran nominal diperlukan sebagai resep awal untuk campuran percobaan di laboratorium yang

memenuhi persyaratan gradasi dan kadar aspal seperti diberikan pada spesifikasi. Adapun hal yang diperhatikan dalam campuran nominal ini sebagai berikut :

- Saringan tingkat pertama, apakah agregat yang tersedia layak dipergunakan atau tidak.
- Resep awal untuk campuran percobaan di laboratorium yang memenuhi persyaratan gradasi campuran dan kadar aspal seperti yang diberikan pada spesifikasi.

Komponen-komponen campuran agregat untuk campuran dinyatakan dalam fraksi rencana sebagai berikut:

- CA (Fraksi agregat kasar) : Persen berat material yang tertahan saringan no.8 terhadap berat total campuran.
- FA (Fraksi agregat halus) : Persen berat material yang lolos saringan no.8 dan tertahan saringan no.200 terhadap berat total campuran.
- FF (Fraksi bahan pengisi) : Persen berat material yang lolos saringan no.200 terhadap berat total campuran.

Batas-batas komposisi fraksi rencana campuran pada komponen campuran dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Batas-Batas Komposisi Fraksi Rencana Campuran

Komponen campuran	Persen berat total campuran				
	LATASIR A	LATASIR B	LATASTON N	LASTON	ATB
Fraksi agregat kasar (CA) > saringan # 8	0 – 10	5 – 23	20 – 40	30 – 50	40 – 60
Fraksi agregat halus (FA) # 8 - # 200	64.3 – 78.3	53.6 - 72.6	47 – 67	39 – 59	26 - 49.5
Fraksi filler (FF) < saringan # 200	12 – 15	8 – 13	5 – 9	4.5 - 7.5	4.5 - 7.5

Sumber : Panduan Praktikum Jalan Raya (2011).

METODE PENELITIAN

Tempat Penelitian

Proses penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Malang, yang berlokasi di Kampus III UMM. Bahan abu ampas tebu akan diambil pada buangan dari limbah pabrik PT. RAJAWALI 1 PG. Kreet Baru, Kecamatan Bululawang Kabupaten Malang.

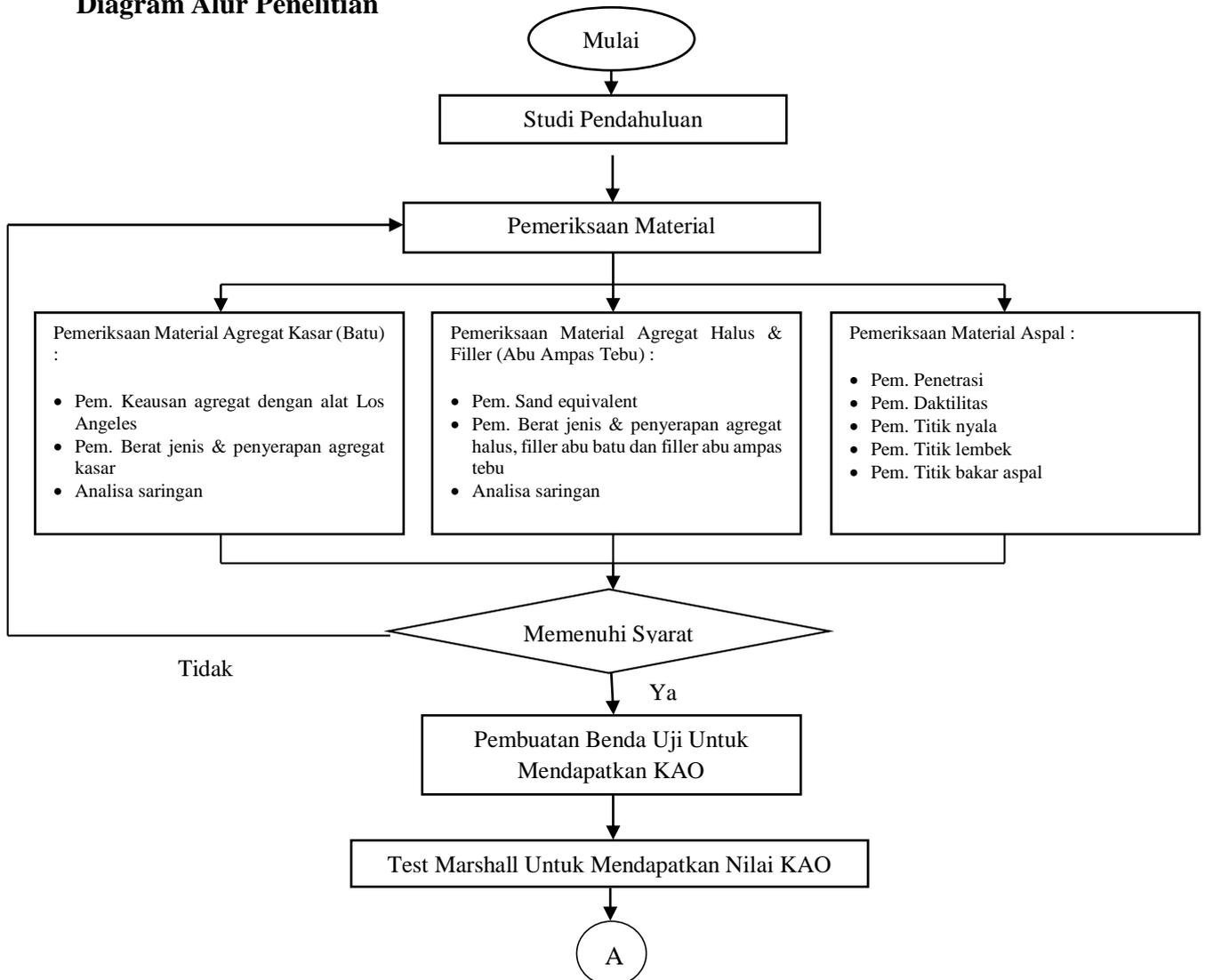
Peralatan dan Bahan Penelitian

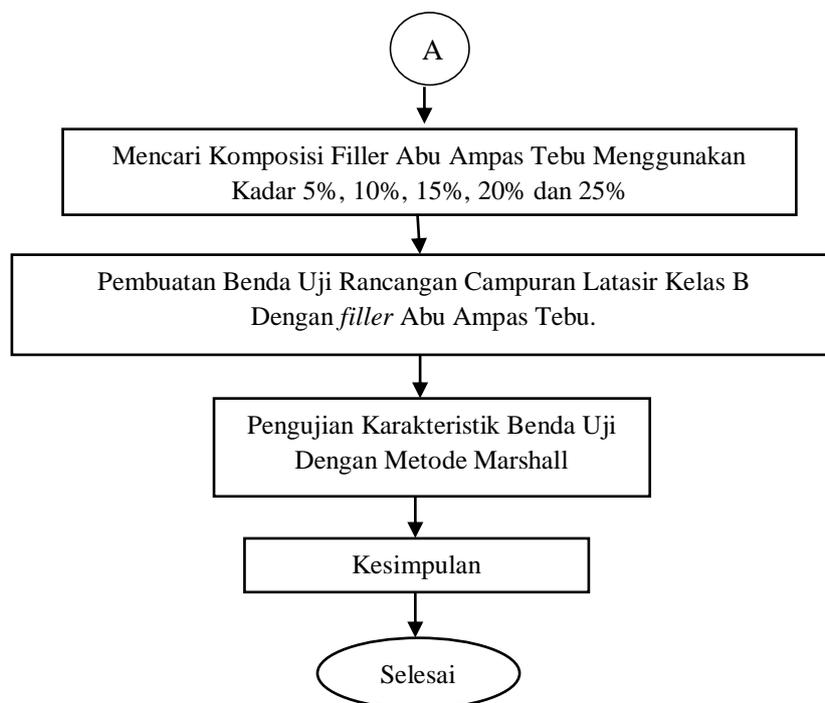
- Peralatan yang digunakan dalam pengujian adalah peralatan yang tersedia di laboratorium jalan raya Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Malang.
 - Timbangan, oven digital, ayakan, mesin penggetar ayakan, mesin *Los Angeles*,

Angeles, cawan perendam agregat, mesin dan alat pemeriksaan daktilitas, alat pemeriksaan titik lembek aspal, cawan pemeriksaan penetrasi, tabung *Sand Equivalent*, piknometer 500ml, alat *Flow*, alat penetrasi aspal, alat pemeriksaan titik nyala dan titik bakar, alat manual pedestal, alat ejector, alat uji *Marshall*, *Water Bath*, alat goreng bahan set dan temperature suhu.

- Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah :
 - Agregat kasar (batu pecah), agregat halus (pasir, abu batu), air, semen *Portland* (PC) merek Gresik tipe I, Abu ampas tebu, aspal penetrasi 80/100.

Diagram Alur Penelitian





HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pemeriksaan bahan

Proses awal dalam penelitian ini yaitu melakukan pemeriksaan material sebagai bahan penyusun beton yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus (pasir, abu batu) dan aspal.

Agregat Kasar

Hasil pemeriksaan tersaji pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pemeriksaan abrasi (PB – 0206-76)

JUMLAH BERAT (a)	5000	5000
BERAT TERT.SARINGAN NO. 12 (b)	3191	3134
Keausan = $\frac{a - b}{a} \times 100\%$	36.24%	37.36%
KEAUSAN RATA-RATA	36.80%	

Tabel 5. Pemeriksaan berat jenis agregat kasar PB – 0202 – 76 & PB – 0203 – 76 14910. Berat agregat kasar = 5000 gram

PARAMETER		BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat contoh kering oven	A	4979	4880
Berat contoh kering permukaan	B	5095	5004
Berat contoh dalam air	C	3170	3189
Berat jenis kering oven (bulk specific gravity)	$\frac{A}{B - C}$	2,59 Rerata :	2,69 2,66
Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD)	$\frac{B}{B - C}$	2,65 Rerata :	2,76 2,73
Berat jenis semu (apparent specific gravity)	$\frac{A}{A - C}$	2,75 Rerata :	2,89 2,85
Penyerapan air	$\frac{B - A}{A} \times 100\%$	2,33 Rerata :	2,54 2,43

Agregat halus

halus yang akan digunakan sebagai bahan campuran aspal akan disajikan pada tabel 6.

Pemeriksaan sand equivalent pasir alam dan abu batu untuk mengetahui tingkat kebersihan agregat

Tabel 6. Hasil pemeriksaan sand equivalent (ASTM D – 249 & AASHTO T - 176)

Uraian		Nomor Contoh			
		Pasir (gr)		Abu Batu (gr)	
		a	b	a	b
Peneraan tinggi tangkai penunjuk beban	A	11,10	11,30	11,20	11,00
		Rata-rata = 11,20		Rata-rata = 11,10	
Pembacaan skala lumpur	B	4,40	4,60	4,90	5,10
		Rata-rata = 4,50		Rata-rata = 5,00	
Pembacaan skala beban pada tangkai penunjuk	C	14,90	15,10	14,70	14,90
		Rata-rata = 15,00		Rata-rata = 14,80	
Nilai Sand Equivalent	$\frac{C-A}{B} \times 100\%$	84,45%		74,00%	

Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus untuk mengetahui bulk specific gravity,

SSD, apparent specific gravity, penyerapan air, akan disajikan pada tabel 7.

Tabel 7. Pemeriksaan berat jenis agregat halus (pasir & abu batu) (PB 0203 – 76)

PARAMETER		Pasir Alam		Abu Batu	
		I	II	I	II
Berat contoh kering oven	A	487	489	488	486
Berat botol + air (25°C)	B	646	660	665	650
Berat botol + contoh + air	C	957	963	980	974
Berat jenis kering oven	A	2,58	2,48	2,64	2,76
(bulk specific gravity)	$\frac{B + 500 - C}{500}$	Rerata :	2,53	Rerata :	2,70
Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD)	$\frac{B + 500 - C}{A}$	Rerata :	2,59	Rerata :	2,70
Berat jenis semu	A	2,77	2,63	2,82	3,00
(apparent specific gravity)	$\frac{B + A - C}{A}$	Rerata :	2,70	Rerata :	2,78
Penyerapan air	$\frac{500 - A}{A} \times 100\%$	2,67	2,25	2,46	2,88
		Rerata :	2,46	Rerata :	2,67

Pemeriksaan Penetrasi aspal

Pemeriksaan untuk menentukan penetrasi bitumen keras atau lembek (solid atau semi solid) dengan memasukkan jarum penetrasi ukuran tertentu, beban dan waktu tertentu ke dalam bitumen dengan suhu tertentu, dapat dilihat pada tabel 8.

Pemeriksaan untuk mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik dua cetakan yang berisi bitumen keras sebelum putus, pada suhu dan kecepatan tarik tertentu.

Hasil pemeriksaan I = 105 cm > 100cm
 Hasil pemeriksaan II = 135 cm > 100cm
 Rata – rata = 120 cm > 100cm

Tabel 8. Hasil pemeriksaan penetrasi aspal.

No.	Hasil Pemeriksaan
1.	102.00 mm
2.	98.00 mm
3.	93.00 mm
Rata-rata	97.00 mm

Pemeriksaan titik lembek aspal

Pemeriksaan dimaksudkan untuk menentukan titik lembek aspal yang berkisar antara 30°C - 200°C.

Pemeriksaan daktilitas

Tabel 9. Hasil pemeriksaan titik lembek aspal

NO	Hasil Pemeriksaan
1	45 ^o C
2	49 ^o C
Rata-rata	47 ^o C

Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar dengan Cleveland open cup

Tabel 10. Hasil pemeriksaan titik nyala dan titik bakar dengan cleveland open cup

Jenis Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan
Titik Nyala	310 ^o C
Titik Bakar	332 ^o C

Penyesuaian campuran nominal

Variasi kadar aspal yang dicoba adalah $\pm 1\%$ dan $\pm 2\%$ dari kadar aspal nominal yaitu 6.90 %. Supaya campuran total tetap 100 %, maka proporsi abu batu dan pasir perlu disesuaikan.

Tabel 11. Penyesuaian Proporsi Campuran Nominal

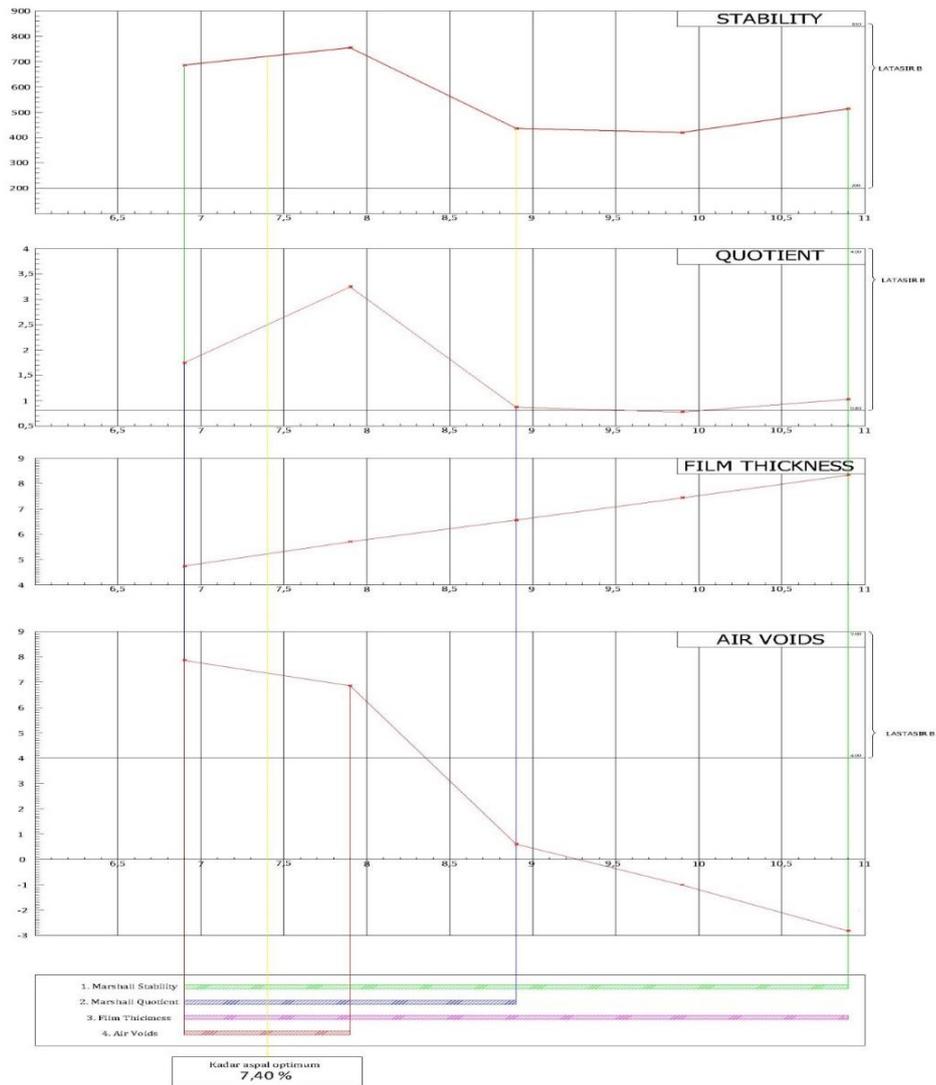
MATERIAL	Campuran Nominal Perhitungan	Campuran Nominal Disesuaikan				
		1	2	3	4	5
Batu Pecah	12,90%	12,90%	12,90%	12,90%	12,90%	12,90%
Abu Batu	35,03%	36,03%	35,53%	35,03%	34,53%	34,03%
Pasir Alam	35,03%	36,03%	35,53%	35,03%	34,53%	34,03%
Bahan Pengisi	8,13%	8,13%	8,13%	8,13%	8,13%	8,13%
Aspal (A)	8,90%	6,90%	7,90%	8,90%	9,90%	10,9%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tabel 12. Hasil pemeriksaan campuran aspal normal dengan alat Marshall

No Benda Uji	Tinggi (cm)	Berat Benda Uji			Diameter Benda Uji (cm)	Volume Benda Uji (cm ³)	Bacaan Alat Marshal		Angka Korelasi	Angka Kalibrasi	Stabilitas Disesuaikan
		BKU	BDA	BKP			Stabilitas	Flow			
1A	7,05	1164	657	1173	10,17	572,4	52,9	340	0,93	33,18	740,42
1B	6,69	1166	665	1181	10,23	549,6	42,5	350	0,93	33,01	591,78
1C	6,69	1171	667	1186	10,20	546,4	51,6	460	0,93	33,16	721,76
2A	6,62	1168	653	1184	10,20	540,7	45,2	235	0,96	33,05	650,56
2B	6,56	1127,5	640	1145	10,20	535,8	52	160	1,00	33,16	782,25
2C	6,44	1165,5	673	1177	10,18	523,9	58	290	0,96	33,29	840,72
3A	6,15	1160	674	1164	10,20	502,3	33,5	410	0,93	32,93	465,31
3B	6,27	1157	670	1163	10,20	512,1	31,5	410	0,96	32,90	451,25
3C	6,05	1166	678	1168	10,25	499,0	27,6	660	0,96	32,84	394,69
4A	6,00	1146	665	1149	10,25	494,8	25,2	590	0,96	32,80	359,98
4B	5,90	1094,5	637	1100	10,20	481,9	32,0	590	0,96	33,17	462,18
4C	5,70	1138,5	660	1139	10,10	456,4	31,2	470	1,04	32,89	484,13
5A	5,90	1147,5	665	1150	10,10	472,5	33,0	410	1,04	32,92	512,47
5B	5,70	1106	648	1108	10,00	447,5	31,0	420	1,19	32,89	550,35
5C	5,80	1148	662	1148	10,10	464,5	27,7	660	1,14	32,84	470,59

Untuk campuran Latasir-B normal, selanjutnya dibuat grafik hubungan antara Marshall Stability, Quotient, Air Void dan Film Thickness, sebagaimana gambar 1. Gabungan dari grafik – grafik tersebut, kemudian ditarik garis tengah

mendapat KAO sebesar 7,40%, dan menghasilkan kualitas campuran aspal nilai Marshall Stability = 720 kg, nilai Marshall Quotient = 2,49 kN/mm, nilai Air Voids = 7,37 %, Nilai Bitumen film thickness = 5,42 mm.



Gambar : Grafik Penentuan Kadar Aspal Optimum

Gambar 1. Grafik penentuan kadar aspal optimum

**Campuran Kadar Aspal Optimum
 LATASIR-B Standart Dengan Filler Abu
 Ampas Tebu**

Dari perhitungan penentuan kadar aspal di atas, maka kadar aspal campuran yang dipilih adalah

7,40 % agar campuran aspal tetap 100% maka proporsi pasir alam dan abu batu pada campuran nominal perlu disesuaikan, maka proporsi campurannya sebagai berikut seperti pada tabel 13.

Tabel 13. Penyesuaian Proporsi Campuran Nominal

MATERIAL	Campuran Nominal Perhitungan Variasi	Campuran Nominal Disesuaikan				
		1	2	3	4	5
Batu Pecah	14,27%	14,27%	14,27%	14,27%	14,27%	14,27%
Abu Batu	35,10%	35,10%	35,10%	35,10%	35,10%	35,10%
Pasir Alam	35,10%	35,10%	35,10%	35,10%	35,10%	35,10%
Abu Ampas Tebu	0,00%	0,41%	0,81%	1,22%	1,63%	2,03%
Bahan Pengisi	8,13%	7,72%	7,32%	6,91%	6,50%	6,10%
Aspal (A)	7,40%	7,40%	7,40%	7,40%	7,40%	7,40%
TOTAL	100%	100,00%	100%	100%	100%	100%

Setelah membuat benda uji, dilanjutkan dengan pengujian Marshall. Pengujian dilakukan sama dengan pengujian campuran latasir-b standart untuk mendapatkan nilai stabilitas dan kelelahan (*flow*) benda uji sebagai parameter kualitas suatu campuran. Bedanya hasil pemeriksaan marshall

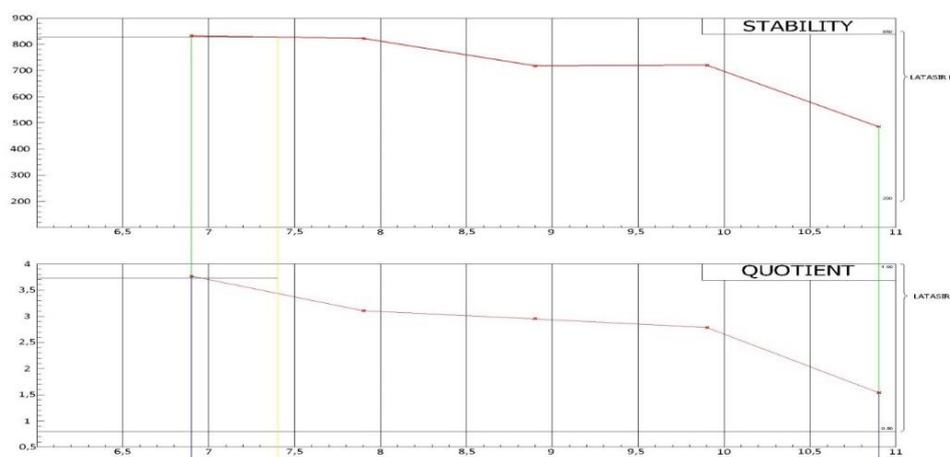
pada campuran aspal jenis Latasir-B dengan menggunakan campuran standart (agregat halus : pasir alam + abu batu, semen) dan filler abu ampas tebu dengan variasi 5,00%, 10,00%, 15,00%, 20,00% dan 25,00% pada komposisi campuran aspal. dapat dilihat pada tabel 14.

Tabel 14. Hasil pemeriksaan campuran aspal filler abu ampas tebu dengan alat Marshall

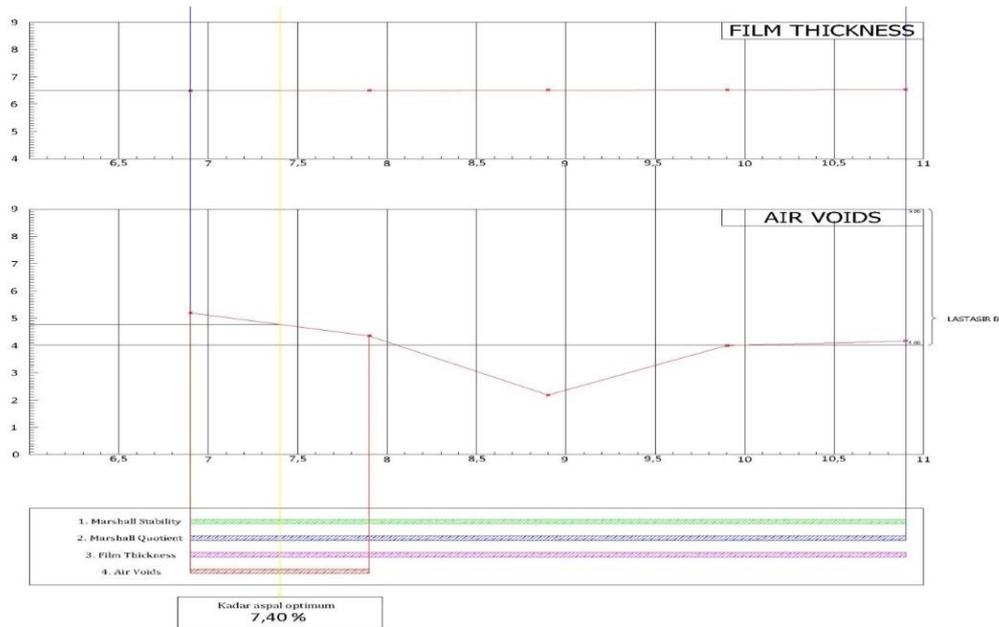
No Benda Uji	Tinggi (cm)	Berat Benda Uji			Diameter Benda Uji (cm)	Volume Benda Uji (cm ³)	Bacaan Alat Marshal		Angka Korelasi	Angka Kalibrasi	Stabilitas Disesu-aikan
		BKU	BDA	BKP			Stabilitas	Flow			
1A	7,18	1198	640	1220	10,30	598,0	78,0	123	0,83	36,51	1072,09
1B	6,77	1165	653	1173	10,20	552,9	42,5	156	0,86	40,43	670,33
1C	6,97	1171	634	1174	10,10	558,1	51,6	370	0,83	38,81	753,96
2A	6,76	1222	676	1234	10,30	563,0	52,9	211	0,86	38,61	796,79
2B	6,83	1211	675	1235	10,30	568,8	68,4	202	0,86	36,69	979,09
2C	6,87	1179	640	1181	10,10	550,1	44,0	340	0,86	40,07	687,68
3A	7,05	1210	691	1219	10,20	575,8	45,2	94	0,83	39,79	677,11
3B	6,83	1203	687	1228	10,10	546,9	56,2	142	0,86	38,11	835,42
3C	6,72	1169	631	1171	10,10	538,1	40,0	480	0,86	41,05	640,46
4A	6,81	1201	667	1210	10,10	545,3	52,4	74	0,86	38,69	790,82
4B	6,86	1215	680	1240	10,10	549,3	58,5	218	0,86	37,75	861,58
4C	6,94	1166	633	1169	10,00	544,8	31,2	470	0,83	43,20	507,46
5A	6,92	1178	660	1186	10,00	543,2	33,5	124	0,83	42,64	537,76
5B	6,96	1218	679	1249	10,10	557,3	25,2	141	0,83	46,44	440,58
5C	6,81	1171	635	1175	10,20	556,2	27,7	660	0,86	44,06	476,23

Untuk campuran Latasir-B dengan filler abu ampas tebu, selanjutnya dibuat grafik hubungan antara Marshal Stability, Quotient, Air Void dan Film Thickness, sebagaimana gambar 2. Gabungan dari grafik – grafik tersebut, kemudian ditarik garis tengah mendapat kadar aspal optimum sebesar 7,40%

dengan kadar variasi filler optimum 7,10%, dan menghasilkan kualitas campuran aspal nilai Marshall Stability = 823,35 kg, nilai Marshall Quotient = 3,73 kN/mm, nilai Air Voids = 4,77 %, Nilai Bitumen film thickness = 6,49 mm.



Gambar 2. Grafik Penentuan Kadar Filler Optimum



Gambar : Grafik Uji Marshall Variasi Abu Ampas Tebu

Lanjutan Gambar 2. Grafik Penentuan Kadar Filler Optimum

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dengan adanya penambahan variasi filler abu ampas tebu dan variasi tumbukan sangat berpengaruh nyata terhadap sifat campuran Latasir-B seperti Stabilitas (*Stability*), Kelelahan Plastis (*Flow*), Rongga Udara (*Air Void*) dan Hasil Bagi Marshall (*Marshall Quotient*). Hal tersebut dibuktikan dengan adanya pengujian Marshall.

Dari hasil penelitian dan perhitungan abu ampas tebu sebagai bahan substitusi filler menggunakan variasi tumbukan di laboratorium didapatkan hasil sebagai berikut: Untuk campuran Latasir-B dengan penambahan abu ampas tebu sebagai filler di dapat kadar filler optimum 7,10 %. Menghasilkan kualitas campuran aspal sebagai berikut:

- Nilai Marshall Stability = 823,35 kg
- Nilai Marshall Quotient = 3,73 kN/mm
- Nilai Marshall Air Voids = 4,77 %
- Nilai Bitumen film thickness = 6,49 cm

Saran

- Pengontrolan terhadap pelaksanaan pembuatan campuran harus dilaksanakan dengan baik dan teliti serta pengadukan campuran dilakukan dengan mixer supaya agregat, aspal, dan bahan campuran lainnya bisa tercampur dengan rata.
- Ketelitian dalam perhitungan, pembacaan angka pada timbangan dan alat uji (misalnya dalam pembulatan bilangan) sangat diperlukan untuk mendapatkan hasil yang maksimal.
- Dalam penelitian, kondisi, mutu dan ketelitian peralatan yang digunakan mutlak diperlukan untuk menghasilkan data-data yang benar-benar akurat. Oleh karena itu dalam penelitian selanjutnya kondisi alat harus benar-benar diperhatikan.
- Faktor kalibrasi alat hendaknya diperhatikan karena sangat menentukan kesalahan pembacaan data yang sebenarnya, sehingga didapat hasil yang benar-benar akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Asparini, Ani dan Djoko Sulistiono, *Pemanfaatan Bahan Limbah Untuk Perkerasan Lentur*. Jurnal Purifikasi, Institut Teknologi Surabaya, 2008.
- Ansyori Al, Alik, Rekayasa Jalan Raya, UMM Press., 2005.
- Fannisa, Henny dan Moh. Wahyudi, *Perencanaan Campuran Aspal Beton Dengan Menggunakan Filler Kapur Padam*. Tugas Akhir. Program Diploma III Teknik Sipil Universitas Diponegoro, Semarang, 2010.
- Mashuri dan Joy Fredy Batti, *Pemanfaatan Material Limbah Pada Campuran Beton Aspal Campuran Panas*. Majalah Ilmiah Teknik, Universitas Tadulako, Palu, 2010.
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga. *Pedoman Perencanaan Campuran Beraspal Dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak*, Jakarta, 1999.
- Buku Panduan Praktikum Jalan Raya, *Pemeriksaan Bahan Aspal Beton Campuran Panas (Hot-Mix)*, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Malang, 2011.
- Silvia Sukirman, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Penerbit Nova Bandung, 1992.
- Departemen PU, *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (LASTON) Untuk Jalan Raya*, Penerbit Yayasan Badan Penerbit PU, 1987.
- H. Muchtar Syarkawi, *Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Sebagai Bahan Substitusi Filler Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Beton*, 2011.
- Silvia Sukirman, *Beton Aspal Campuran Panas*, Penerbit Granit Jakarta, 2003.

STUDI EVALUASI DAN PENGEMBANGAN JARINGAN DISTRIBUSI AIR BERSIH PDAM KOTA MALANG PADA KECAMATAN KEDUNGKANDANG

Evaluation and Development of Water Distribution Network PDAM Malang in Kedungkandang District

Chairil Shaleh¹, Afrenia Dewi Angguntiana²

^{1,2} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Malang, Indonesia
Jl. Raya Tlogomas No. 246 Telp. (0341) 464318-128
Fax. (0341) 460782 Malang 65144

Abstract

Clean water is a basic need for humans to get priority in the handling and fulfillment. To meet these needs should be evaluated and the development of clean water needs of the community so that optimally fulfilled. The purpose of this study is that calculates water requirements in the study area and plan the development of clean water distribution network system in the District Kedungkandang, to support the planning process pipelines are needed appropriate software tools that Waternet ver DEM09, this program serves to analyze the flow of water flowing in the pipeline and can determine the pressure in each pipe. Evaluation results show an increase in the service of PDAM Malang to the subdistrict Kedungkandang of 72% (service in 2013) became 81.9% (Service 2024). By using geometric regression analysis, the projected number Kedungkandang District residents in 2024 reached 194 801 inhabitants. With the need for clean water that reaches the average 282.6 liters / sec, the distribution of water using gravity and pipe diameter is 25 mm - 150 mm.

Keywords: *Distribution, Network, Water*

Abstrak

Air bersih merupakan kebutuhan dasar bagi manusia sehingga mendapat prioritas dalam penanganan dan pemenuhannya. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut perlu dilakukan evaluasi dan pengembangan kebutuhan air bersih masyarakat sehingga terpenuhi secara optimal. Tujuan dari studi ini adalah yaitu menghitung kebutuhan air pada lokasi studi dan merencanakan pengembangan sistem jaringan distribusi air bersih di Kecamatan Kedungkandang, untuk mendukung proses perencanaan jaringan pipa maka dibutuhkan perangkat software yang sesuai yaitu Waternet ver DEM09, Program ini berfungsi untuk menganalisis aliran air yang mengalir di dalam pipa dan dapat mengetahui tekanan yang terjadi pada masing-masing pipa. Hasil evaluasi menunjukkan adanya peningkatan layanan air bersih PDAM Kota Malang untuk wilayah Kecamatan Kedungkandang dari 72% (layanan tahun 2013) menjadi 81,9% (layanan tahun 2024). Dengan menggunakan analisa regresi geometrik, hasil proyeksi jumlah penduduk Kecamatan Kedungkandang pada tahun 2024 mencapai 194801 jiwa. Dengan kebutuhan air bersih yang mencapai rata – rata 282,6 liter/detik, pendistribusian air menggunakan sistem gravitasi dan diameter pipa berukuran 25 mm – 150 mm.

Kata Kunci: Distribusi, Jaringan, Air Bersih

PENDAHULUAN

Kota Malang merupakan salah satu daerah otonom dan merupakan kota besar kedua di Jawa Timur setelah Kota Surabaya. Dan kota Malang merupakan salah satu penyebab tingginya tingkat kepadatan dan laju pertumbuhan penduduk, hal ini sangat berpengaruh terutama pada peningkatan kebutuhan akan pelayanan air bersih. Salah satunya adalah pada Kecamatan Kedungkandang.

Dari data terakhir yang diperoleh hingga

2013 pada wilayah Kecamatan Kedungkandang mendapatkan pemenuhan kebutuhan air dari tandon Buring dengan cakupan layanan yang terpenuhi mencapai 72 % dari total keseluruhan jumlah penduduk 12 kelurahan yang mencapai 175.964 jiwa dan pelayanan dari PDAM Kota Malang untuk Kecamatan Kedungkandang dengan reservoir yang mempunyai kapasitas sebesar 3.850 m³.

Karena tingkat pelayanan yang kurang maksimal, sehingga perlu adanya studi evaluasi

dan pengembangan pelayanan jaringan distribusi air bersih sampai pada akhir tahun 2024 khususnya pada Kecamatan Kedungkandang.

Dengan semakin pesatnya laju pertumbuhan penduduk dan meningkatnya aktifitas masyarakat, maka perlu pengembangan jaringan distribusi air bersih yang telah ada. Mengingat cakupan pelayanan hingga tahun 2013 mencapai 72 % maka perlu adanya peningkatan. Sehingga perlu untuk diketahui berapa besar kebutuhan air bersih pada Kecamatan Kedungkandang hingga saat ini (tahun 2014), besar kebutuhan air bersih pada Kecamatan Kedungkandang hingga tahun 2024, serta pengembangan jaringan distribusi air bersih untuk Kecamatan Kedungkandang dengan proyeksi sampai tahun 2024.

Metode proyeksi yang digunakan adalah antara lain (Direktorat Tata Kota dan Tata Daerah, Dirjen Cipta Karya, 1987 : 7)

Metode Aritmatik

$$P_n = P_0 (1 + r \cdot n)$$

Model Regresi Linier

$$y = a + bx$$

Dimana :

$$a = \frac{\sum x^2 \sum y - \sum x \sum xy}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - \sum x^2}$$

Model Bunga Berganda (Metode Geometrik)

- Menghitung tingkat pertumbuhan pemakai.

$$r = \frac{P_{n+1} - P_n}{P_n}$$

- Memperkirakan jumlah pemakai pada tahun akhir rencana

$$P_n = P_0 \cdot (1 + r)^n$$

Metode Eksponensial

$$P_n = P_0 \cdot e^{(r \cdot n)}$$

Dimana :

P_n = Perkiraan jumlah pemakai pada tahun akhir perencanaan.

P_0 = Jumlah pemakai pada tahun akhir (data).

P_{n+1} = Jumlah pemakai pada tahun ke- $n+1$ (data).

n = Periode waktu yang digunakan.

a = Tingkat pertumbuhan (diambil dari hasil perhitungan diatas).

r = Rata-rata pertumbuhan pemakai tiap tahun.

e = Bilangan pokok dari sistem logaritma natural (2,7182818)

$a \& b$ = variabel

METODE PENELITIAN

Setelah mengetahui lokasi daerah studi, maka dilakukan pengumpulan data yang diperlukan dalam melakukan studi. Data – data yang diperlukan antara lain :

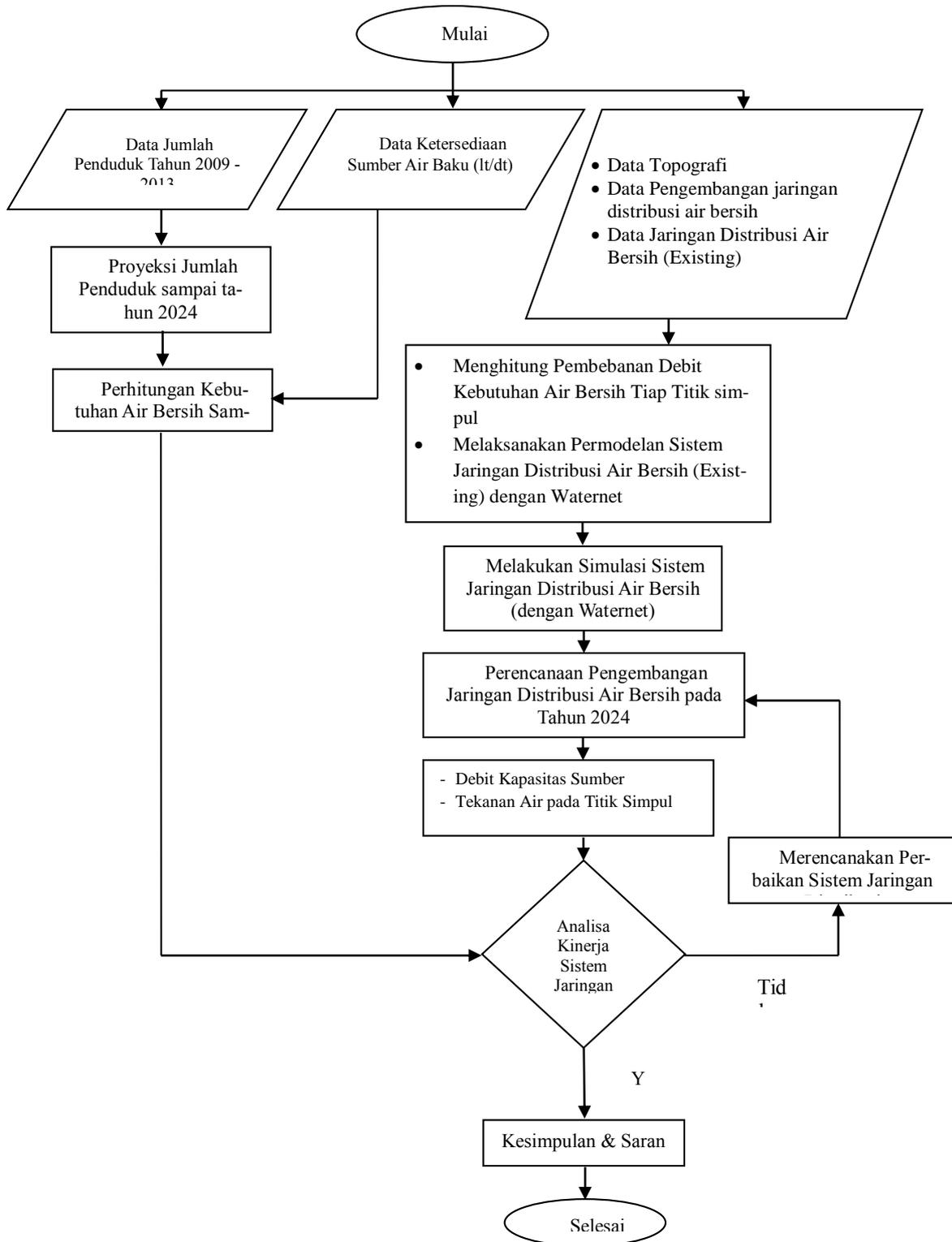
- Data Penduduk yang dievaluasi
- Data Topografi dan Sarana Penyediaan Air Bersih Existing
- Data Pelayanan PDAM Kota Malang pada Kecamatan Kedungkandang pada Akhir Tahun 2013

Tabel 1. Data Penduduk

no.	Desa/ Kelurahan	Jumlah Penduduk (jiwa)				
		2009	2010	2011	2012	2013
1	Arjowinangun	8451	8702	8954	9305	9519
2	Tlogowaru	4402	4419	4475	4548	6090
3	Wonokoyo	4971	5000	5076	5299	5417
4	Bumiayu	13231	13526	13890	14413	14904
5	Buring	8289	8493	8614	8970	9282
6	Mergosono	17019	17625	17715	17861	17781
7	Kotalama	29655	29431	29062	28865	28888
8	Kedungkandang	9204	9686	9689	9836	9972
9	Lesanpuro	18119	18067	18100	18208	17462
10	Madyopuro	17169	17243	17126	16944	16692
11	Cemorokandang	8467	8801	9149	9559	10023
12	Sawojajar	29702	29651	29681	29754	29934
	jumlah	168679	170644	171531	173562	175964

Sumber : BPS Kota Malang

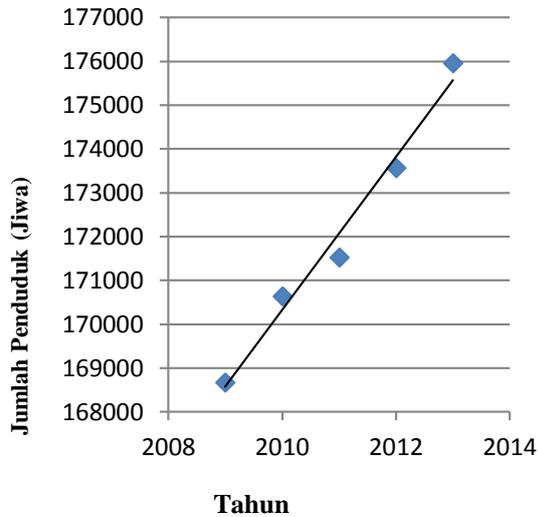
Tahapan studi



Gambar 1. Tahapan Studi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Perhitungan

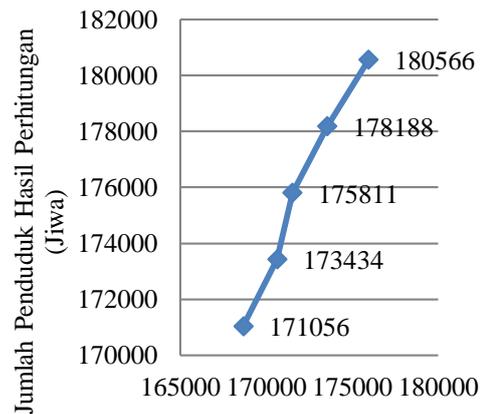


Gambar 2. Grafik Data Pertumbuhan Penduduk
Sumber : BPS Kota Malang

Tabel 2. Pertumbuhan Penduduk Metode Aritmatik

No	Tahun	Jml Penduduk (jiwa)	Hasil Perhitungan
1	2009	168679	171056
2	2010	170644	173434
3	2011	171531	175811
4	2012	173562	178188
5	2013	175964	180566

Sumber : BPS Kota Malang



Gambar 3. Grafik Data Pertumbuhan Penduduk (Aritmatik)

Tabel 3. Pertumbuhan Penduduk Metode Linier

No (X)	Tahun	Jml Penduduk (jiwa) (Y)	Hasil Perhitungan Yi	X ²	XY	(Yi-Yrata2)	(Yi - Yrata2) ²
1	2009	168679	168578	1	168679	-3498	12233206
2	2010	170644	170327	4	341288	-1749	3058301
3	2011	171531	172076	9	514593	0	0
4	2012	173562	173825	16	694248	1749	3058301
5	2013	175964	175574	25	879820	3498	12233206
15	Jumlah	860380	860380	55	2598628	0	30583014
	Rata - rata	172076	172076	11	519726	0	6116603

Sumber : Hasil Perhitungan

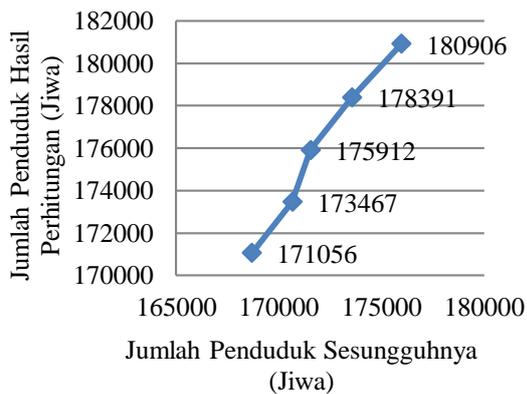


Gambar 4. Grafik Data Pertumbuhan Penduduk (Regresi Linier)

Tabel 4. Pertumbuhan Penduduk Metode Geometrik

No	Tahun	Jml Penduduk (jiwa)	Hasil Perhitungan
1	2009	168679	171056
2	2010	170644	173467
3	2011	171531	175912
4	2012	173562	178391
5	2013	175964	180906

Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 5. Grafik Data Pertumbuhan Penduduk (Geometrik)

Tabel 6. Perbandingan Proyeksi Pertumbuhan Penduduk Metode Aritmatik, Metode Regresi Linier, Metode geometrik, dan Metode Eksponensial

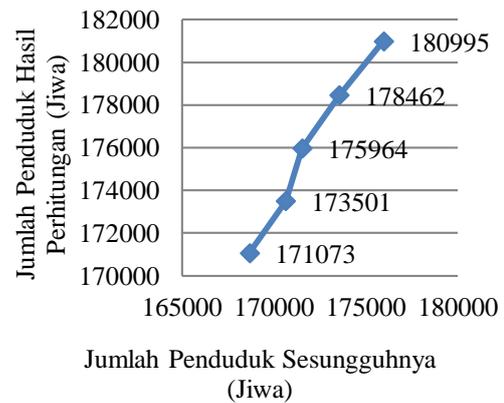
No.	Tahun	Jml Penduduk (jiwa)	ARITMATIK	GEOMETRIK	EKSPONENSIAL	REGRESI LINIER
1	2009	168679	171056	171056	171073	168578
2	2010	170644	173434	173467	173501	170327
3	2011	171531	175811	175912	175964	172076
4	2012	173562	178188	178391	178462	173825
5	2013	175964	180566	180906	180995	175574

Sumber : Hasil Perhitungan

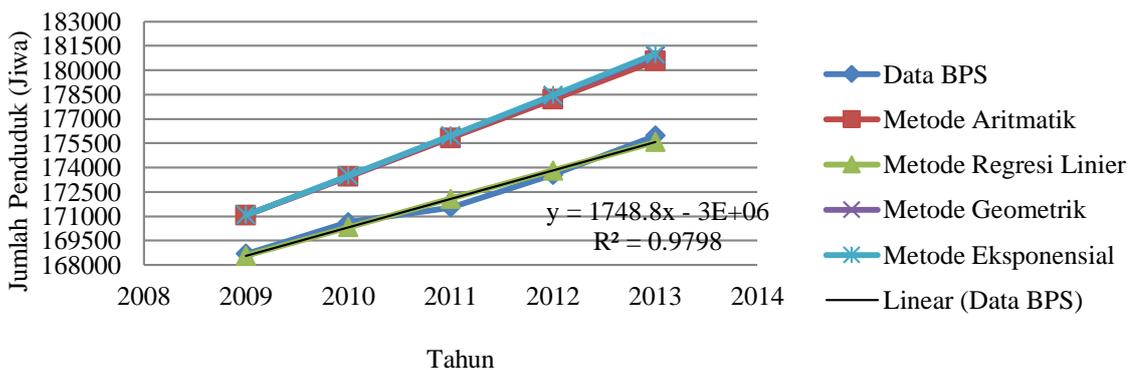
Tabel 5. Pertumbuhan Penduduk Metode Eksponensial

No	Tahun	Jml Penduduk (jiwa)	Hasil Perhitungan
1	2009	168679	171073
2	2010	170644	173501
3	2011	171531	175964
4	2012	173562	178462
5	2013	175964	180995

Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 6. Grafik Data Pertumbuhan Penduduk (Eksponensial)

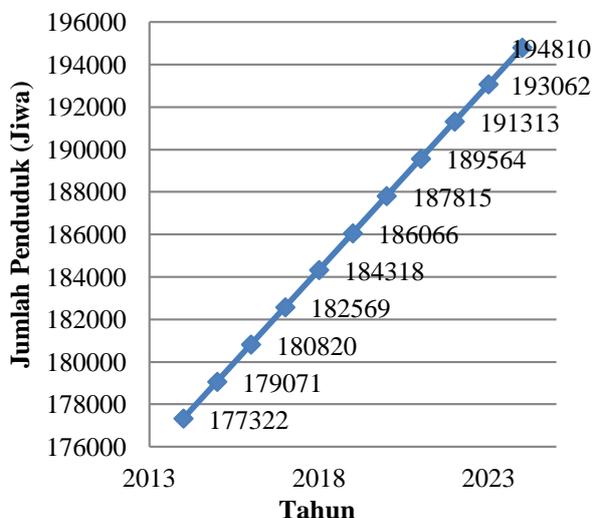


Gambar 7. Grafik Perbandingan Proyeksi

Tabel 7. Perhitungan Proyeksi Penduduk Tahun 2014-2018

no.	Desa/ Ke- lurahan	Jumlah Penduduk (jiwa)										
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
1	Arjowinangun	9808	10082	10356	10630	10904	11177	11451	11725	11999	12273	12547
2	Tlogowaru	5838	6189	6539	6890	7240	7591	7941	8292	8642	8993	9343
3	Wonokoyo	5510	5629	5748	5867	5986	6105	6225	6344	6463	6582	6701
4	Bumiayu	15263	15686	16109	16533	16956	17379	17803	18226	18649	19072	19496
5	Buring	9469	9715	9961	10207	10454	10700	10946	11193	11439	11685	11932
6	Mergosono	18128	18304	18480	18656	18832	19008	19184	19360	19536	19712	19888
7	Kotalama	28550	28340	28130	27920	27710	27500	27290	27080	26870	26660	26450
8	Kedungkandang	10183	10352	10520	10689	10858	11026	11195	11363	11532	11701	11869
9	Lesanpuro	17639	17522	17405	17287	17170	17053	16936	16818	16701	16584	16466
10	Madyopuro	16659	16534	16408	16283	16158	16032	15907	15782	15657	15531	15406
11	Cemorokandang	10361	10748	11135	11522	11909	12296	12683	13070	13457	13844	14231
12	Sawojajar	29915	29971	30028	30085	30141	30198	30255	30311	30368	30425	30482
jumlah		177322	179071	180820	182569	184318	186066	187815	189564	191313	193062	194810

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 8. Grafik pertumbuhan penduduk tahun proyeksi 2024

Tabel 8. Perkembangan layanan PDAM tahun 2014 – 2024

No.	Tahun	Presentase Pelayanan
1	2014	72.90%
2	2015	73.80%
3	2016	74.70%
4	2017	75.60%
5	2018	76.50%
6	2019	77.40%
7	2020	78.30%
8	2021	79.20%
9	2022	80.10%
10	2023	81.00%
11	2024	81.90%

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 9. Proyeksi kebutuhan Air Bersih

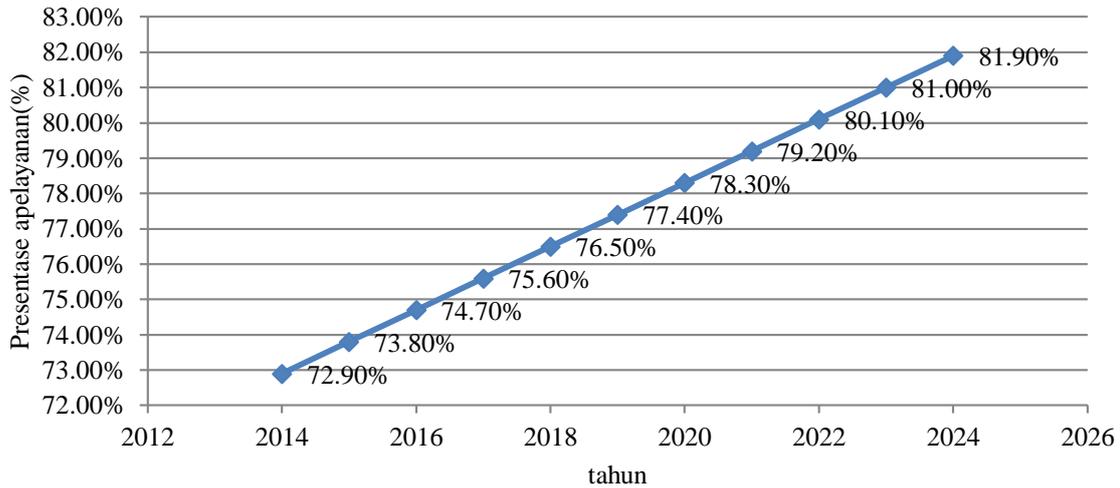
No.	Uraian	Satuan	Tahun					
			2013	2014	2015	2016	2017	2018
A	ASUMSI PERHITUNGAN							
1	Penduduk yang dilayani							
	a. Sambungan Rumah Tangga	Jiwa	5	5	5	5	5	5
	b. Sambungan Hidran Umum	Jiwa	100	100	100	100	100	100
2	Faktor Pemakaian Air							
	a. Harian maksimum		1	1	1	1	1	1
	b. Jam puncak		2	2	2	2	2	2
3	Kebutuhan Non Domestik							
	Prosentase dari domestik	%	15	15	15	15	15	15
4	Kehilangan Air							
	Prosentase dari total kebutuhan	%	30	30	30	30	30	30
B	PERHITUNGAN KEBUTUHAN AIR							
1	Jumlah Penduduk	Jiwa	175574	177322	179071	180820	182569	184318
2	Prosentase penduduk yang dilayani	%	72.00	72.90	73.80	74.70	75.60	76.50
3	Jumlah penduduk yang dilayani	Jiwa	126413	129268	132155	135073	138022	141003
4	Kebutuhan Air Domestik							
	<i>I. Sambungan Rumah Tangga</i>							
	a. Pemakaian air domestik	lt/hr /jiwa	150	150	150	150	150	150
	b. Prosentase Pelayanan	%	80	80	80	80	85	85
	c. Jumlah penduduk yang dilayani	Jiwa	101130	103414	105724	108058	117319	119853
	d. Jumlah sambungan	Unit	20226	20683	21145	21612	23464	23971
	e. Kebutuhan Air	m ³ /hr	15170	15512	15859	16209	17598	17978
	<i>II. Sambungan Hidran Umum</i>							
	a. Pemakaian air	lt/hr /jiwa	30	30	30	30	30	30
	b. Prosentase Pelayanan	%	2	2	2	2	2	2
	c. Jumlah penduduk yang dilayani	Jiwa	2528	2585	2643	2701	2760	2115
	d. Jumlah sambungan	Unit	25	26	26	27	28	21
	e. Kebutuhan Air	m ³ /hr	75.85	77.56	79.29	81.04	82.81	63.45
	<i>III. Total Kebutuhan Air Domestik</i>							
5	Kebutuhan Non Domestik	m ³ /hr	2287	2338	2391	2443	2652	2706
6	Total Kebutuhan Air	m ³ /hr	17532	17928	18329	18733	20333	20748
7	Kehilangan Air	m ³ /hr	5260	5378	5499	5620	6100	6224
8	Kebutuhan Air Rata-rata	m ³ /hr	22792	23307	23827	24353	26433	26972
		m ³ /jam	949.7	971.1	992.8	1014.7	1101.4	1123.8
		lt/dt	263.8	269.8	275.8	281.9	305.9	312.2
9	Kebutuhan Air Harian Maksimum	m ³ /hr	26211	26803	27401	28006	30397	31018
		lt/dt	303.4	310.2	317.1	324.1	351.8	359.0
10	Kebutuhan Jam Puncak	m ³ /hr	34188	34960	35741	36530	39649	40458
		lt/dt	395.7	404.6	413.7	422.8	458.9	468.3

Sumber : Hasil Perhitungan

Lanjutan Tabel 9. Proyeksi kebutuhan Air Bersih

No.	Uraian	Satuan	Tahun						
			2019	2020	2021	2022	2023	2024	
A	ASUMSI PERHITUNGAN								
1	Penduduk yang dilayani								
	a. Sambungan Rumah Tangga	Jiwa	5	5	5	5	5	5	
	b. Sambungan Hidran Umum	Jiwa	100	100	100	100	100	100	
2	Faktor Pemakaian Air								
	a. Harian maksimum		1	1	1	1	1	1	
	b. Jam puncak		2	2	2	2	2	2	
3	Kebutuhan Non Domestik								
	Prosentase dari domestik	%	15	15	15	15	15	15	
4	Kehilangan Air								
	Prosentase dari total kebutuhan	%	30	30	30	30	30	30	
B	PERHITUNGAN KEBUTUHAN AIR								
1	Jumlah Penduduk	Jiwa	186066	187815	189564	191313	193062	194810	
2	Prosentase penduduk yang dilayani	%	77.40	78.30	79.20	80.10	81.00	81.90	
3	Jumlah penduduk yang dilayani	Jiwa	144015	147059	150135	153242	156380	159550	
4	Kebutuhan Air Domestik								
	I. Sambungan Rumah Tangga								
	a. Pemakaian air domestik	lt/hr /jiwa	150	150	150	150	150	150	
	b. Prosentase Pelayanan	%	85	85	95	95	95	95	
	c. Jumlah penduduk yang dilayani	Jiwa	122413	125000	142628	145579	148561	151572	
	d. Jumlah sambungan	Unit	24483	25000	28526	29116	29712	30314	
	e. Kebutuhan Air	m ³ /hr	18362	18750	21394	21837	22284	22736	
	II. Sambungan Hidran Umum								
	a. Pemakaian air	lt/hr /jiwa	30	30	30	30	30	30	
	b. Prosentase Pelayanan	%	2	2	2	1	1	1	
	c. Jumlah penduduk yang dilayani	Jiwa	2160	2206	2252	1532	1564	1595	
	d. Jumlah sambungan	Unit	22	22	23	15	16	16	
	e. Kebutuhan Air	m ³ /hr	64.81	66.18	67.56	45.97	46.91	47.86	
	III. Total Kebutuhan Air Domestik								
5	Kebutuhan Non Domestik	m ³ /hr	2764	2822	3219	3282	3350	3418	
6	Total Kebutuhan Air	m ³ /hr	21191	21639	24681	25165	25681	26201	
7	Kehilangan Air	m ³ /hr	6357	6492	7404	7550	7704	7860	
8	Kebutuhan Air Rata-rata		m ³ /hr	27548	28130	32085	32715	33385	34062
		m ³ /jam	1147.8	1172.1	1336.9	1363.1	1391.0	1419.2	
		lt/dt	318.8	325.6	371.4	378.6	386.4	394.2	
9	Kebutuhan Air Harian Maksimum		m ³ /hr	31680	32350	36898	37622	38393	39171
		lt/dt	366.7	374.4	427.1	435.4	444.4	453.4	
10	Kebutuhan Jam Puncak		m ³ /hr	41322	42195	48128	49072	50077	51092
		lt/dt	478.3	488.4	557.0	568.0	579.6	591.3	

Sumber : Hasil Perhitungan



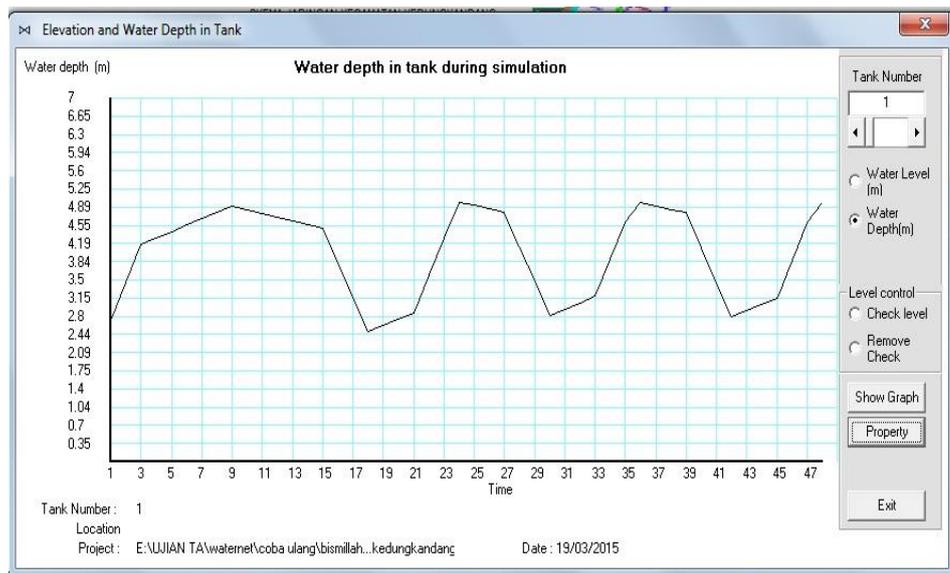
Gambar 9. Grafik Perkembangan Pelayanan PDAM Tahun 2014-2024

Perhitungan Fluktuasi Pemakaian Air

Tabel 10. Keseimbangan Air untuk Kecamatan Kedungkandang dalam 24 jam

Jam ke	Kedalaman (m)	Elevasi muka air	Status Tangki
1	2.73	486.73	Diisi
2	3.45	487.45	Diisi
3	4.18	488.18	Diisi
4	4.3	488.3	Diisi
5	4.43	488.43	Diisi
6	4.56	488.56	Diisi
7	4.68	488.68	Diisi
8	4.8	488.8	Diisi
9	4.93	488.93	Diisi
10	4.86	488.86	Dikuras
11	4.78	488.78	Dikuras
12	4.71	488.71	Dikuras
13	4.64	488.64	Dikuras
14	4.57	488.57	Dikuras
15	4.5	488.5	Dikuras
16	3.83	487.83	Dikuras
17	3.17	487.17	Dikuras
18	2.5	486.5	Dikuras
19	2.62	486.62	Diisi
20	2.74	486.74	Diisi
21	2.87	486.87	Diisi
22	3.59	487.59	Diisi
23	4.31	488.31	Diisi
24	5.	489.	Diisi

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 10. Grafik Fluktuasi Kebutuhan Air untuk Reservoir Kecamatan Kedungkandang dalam 24 jam

Dari perhitungan fluktuasi pemakaian air, maka dapat diketahui volume reservoir yang di perlukan adalah sebesar 3100 m³.

Hasil Pengembangan Menggunakan Program Waternet

- Sisa tekanan maksimum untuk seluruh node selama simulasi = 13,72
 - Sisa tekanan minimum untuk seluruh node selama simulasi = 3,26
 - Fluktuasi muka air sebesar 85 %
- Sumber : Hasil running Program Waternet

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dengan analisa dan perhitungan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

- Kebutuhan air bersih pada tahun 2013 di daerah studi adalah sebesar 263,8 lt/dt, sumber yang digunakan : sumber mata air Wendit yang digunakan untuk daerah layanan sebesar 376 lt/dt dengan kapasitas tampungan reservoir tandon Buring sebesar 3.850 m³, tingkat layanan PDAM Kota Malang sebesar 72 %. Untuk Kebutuhan air bersih saat ini (akhir 2014) adalah sebesar 269,8 liter/detik dengan tingkat layanan sebesar 72,9 %.

- Kebutuhan air bersih pada sampai dengan tahun akhir rencana (tahun 2024) di daerah studi adalah sebesar 394,2 liter/detik dari sumber mata air Wendit yang dibutuhkan, dengan jumlah penduduk 194.810 jiwa. kebutuhan air adalah 150 liter/orang/hari dan tingkat layanan optimal PDAM mencapai 81,9 %.
- Dengan menggunakan data topografi dan jaringan distribusi yang lama maka dapat dievaluasi dan dikembangkan jaringan distribusi air minum tersebut, dengan menggunakan program Waternet, maka dihasilkan 84 node dan 86 jalur pipa utama yang melayani daerah layanan yang meliputi 12 Kelurahan dan sumber yang digunakan adalah dari mata air Sumber Wendit dengan Reservoir Buring.

Saran

Dalam analisa dan perhitungan yang dilakukan ini diharapkan dapat dikembangkan lebih lanjut untuk pendistribusian pada wilayah layanan, agar tercapai sasaran pemenuhan kebutuhan air bersih di Kecamatan Kedungkandang pada umumnya dan bagi instansi pemerintah dalam hal ini PDAM pada khususnya. Dimana perhitungan ini adalah salah satu alternatif perencanaan distribusi air bersih di daerah layanan PDAM Kota Malang pada Kecamatan Kedungkandang agar dapat dihasilkan perencanaan yang optimal dan

efisien biaya sehingga didapat nilai ekonomis yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Triatmodjo Bambang. 1995. *Hidrolika I*. Yogyakarta : Beta Offset.
- Triatmodjo Bambang. 2008. *Hidrolika II*. Yogyakarta : Beta Offset.
- Supirin. 2002. *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Yogyakarta : Andi.
- Susongko Djoko, Franzini Joseph. B, Linskey Ray. K. 1991. *Teknik Sumber daya Air*, Jakarta : Erlangga.
- Kodoatie Robert. J. 2002, *Hidrolika Terapan Aliran pada Saluran Terbuka dan Pipa*. Yogyakarta : Andi.
- Laboratorium Teknik Sipil, *Pedoman Praktikum Waternet*.

ANALISIS CAPAIAN SISTEM PENYEDIAAN AIR MINUM PERDESAAN DI DESA SUMBERKIMA, BALI

The Analysis of the Achievements of Rural Drinking Water Supply System in Sumberkima Village, Bali

D.K. Sudarsana

Teknik Sipil, Universitas Udayana, Bali
Email: dksudarsana@unud.ac.id

Abstract

The government announced a settlement infrastructure performance achievement in 2019 with 100% access to drinking water, 0% slump, 100% sanitary, known as 100-0-100 initiative. MDG'S 2015 settlement infrastructure sectors targeted are 68-10-62. To determine the achievement of this target needs to be evaluated. In this paper specifically analyze the achievement of rural drinking water supply system (SPAMDes). Descriptive method is used in this study. Studies conducted in the village Sumberkima, District Grokgak, Bali Province. Data collected by census method. Variables to determine the indicators of access to drinking water using the terms of reference of the Ministry of Public Works. The analysis finds access of drinking water service until August 2015 reached 85%. The achievement of the access to drinking water service is sourced from the piping connection from BUMDES 32%, 26% of shallow wells and deep wells 27%. Although the service is access to drinking water reached above the 2015 target (85% > 68%), but needs to be improved serviceability with access to drinking water piping connection system of BUMDES to improve the safer of quality.

Key words: *settlement infrastructure, SPAMDes, achievement.*

Abstrak

Pemerintah mencanangkan capaian kinerja infrastruktur permukiman pada tahun 2019 dengan akses 100% air minum 0% kumuh 100% sanitasi yang dikenal dengan prakarsa 100-0-100. Sasaran MDG'S 2015 sektor infrastruktur permukiman ini ditargetkan adalah 68-10-62. Untuk mengetahui capaian target ini perlu dilakukan evaluasi. Pada paper ini secara khusus menganalisis capaian system penyediaan air minum perdesaan (SPAMDes). Metode diskriptif digunakan dalam penelitian ini. Studi dilakukan di desa Sumberkima, Kecamatan Grokgak, Kabupaten Buleleng, Provinsi Bali. Data dikumpulkan dengan metode sensus. Variabel-variabel untuk menentukan indikator akses layanan air minum menggunakan kerangka acuan kerja dari Kementerian Pekerjaan Umum. Hasil analisis menemukan capaian layanan akses air minum sampai bulan Agustus 2015 adalah sebesar 85%. Capaian layanan akses air minum ini bersumber dari sambungan perpipaan BUMDES 32%, sumur dangkal 26% dan sumur dalam 27%. Walaupun layanan akses air minum yang dicapai diatas target 2015 (85% > 68%), namun perlu ditingkatkan layanan akses air minum dengan system sambungan perpipaan dari BUMDES untuk meningkatkan kualitas air minum yang lebih aman.

Kata kunci: infrastruktur permukiman, SPAMDes, capaian.

PENDAHULUAN

RPJMN 2015-2019 Ditjen Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum Perumahan Rakyat berkomitmen mewujudkan lingkungan permukiman yang layak huni dan berkelanjutan melalui prakarsa 100-0-100 (100% akses air bersih, 0% kawasan permukiman kumuh, 100% akses sanitasi layak). Sasaran *Millenium Development*

Goals (MDG's) 2015 sektor infrastruktur permukiman ini ditargetkan adalah 68-10-62 (Anonim, 2010; Anonim, 2013). Sampai saat ini penyediaan air bersih untuk masyarakat di Indonesia masih dihadapkan pada beberapa permasalahan yang cukup kompleks dan sampai saat ini masih belum dapat diatasi sepenuhnya (Anonim 2015a, Anonim 2015b). Salah satu masalah yang masih dihadapi sampai

saat ini yakni masih rendahnya tingkat pelayanan air bersih untuk masyarakat. Untuk mengetahui target capain ini perlu dilakukan evaluasi.

METODE PENELITIAN

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian meliputi: identifikasi masalah, merumuskan masalah, pengumpulan data, kompilasi data, analisis dan pembahasan dilanjutkan menyimpulkan hasil penelitian.

Pengumpulan Data

Penelitian ini mengambil kasus di desa Sumberkima, Kecamatan Grogak, Kabupaten Buleleng, Data primer dilakukan dengan survey langsung seperti:

- 1) Survey tentang sumber air bersih yang digunakan masyarakat
- 2) Survey tentang jumlah KK dan jiwa di desa Sumberkima.

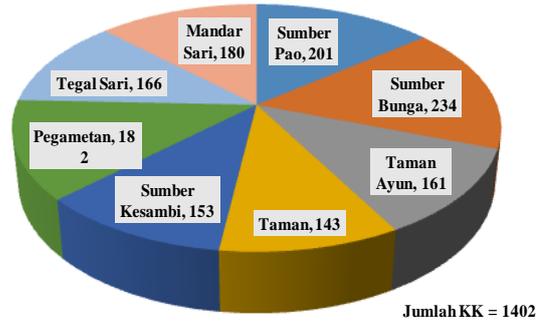
Analisis Data

Metode deskriptif digunakan untuk menjelaskan karakteristik penduduk, geografis, lingkungan fisik daerah studi. Analisis kinerja layanan akses air bersih, kekumuhan dan sanitasi dianalisis dengan rumusan dikembangkan Direktorat Jendral Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum. Untuk menghitung kinerja layanan penyediaan air minum seperti pada rumusan (1) (Prasetio, 2014).

$$\text{Akses Air} = \frac{\text{Masyarakat terlayani (jiwa)}}{\text{Jumlah Total Masyarakat (jiwa)}} \times 100\%$$

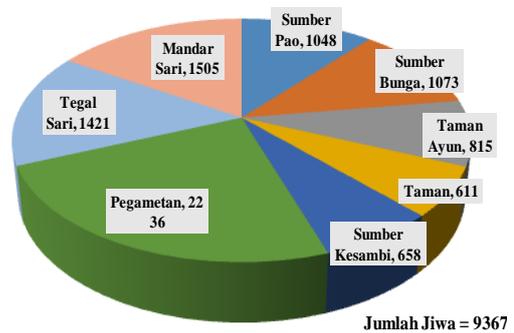
HASIL DAN PEMBAHASAN

Desa Sumberkima terdiri dari 8 dusun yaitu Dusun Sumber Pao, Sumber Bunga, Taman Ayun, Taman, Sumber Kesambi, Pegamatan, Tegal Sari dan Mandar Sari. Kompilasi hasil survey per Agustus 2015, ditemukan jumlah Kepala Keluarga (KK) adalah 1.402 KK. Sebaran jumlah KK ini di 8 dusun disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Sebaran Jumlah KK di 8 dusun di desa Sumberkima per Agustus 2015

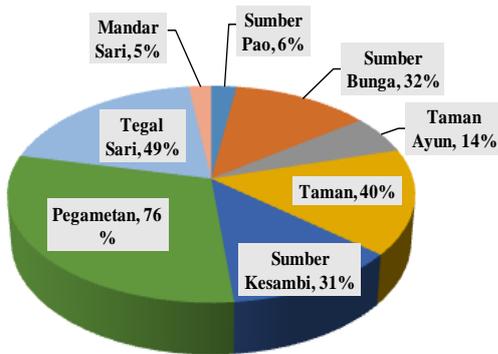
Jumlah penduduk yang ditemukan sebanyak 9.367 jiwa. Sebaran jumlah penduduk di 8 dusun didesa Sumberkima ini disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Sebaran Jumlah penduduk di 8 dusun di desa Sumberkima per Agustus 2015.

Ada 4 sumber air bersih yang digunakan masyarakat yaitu:

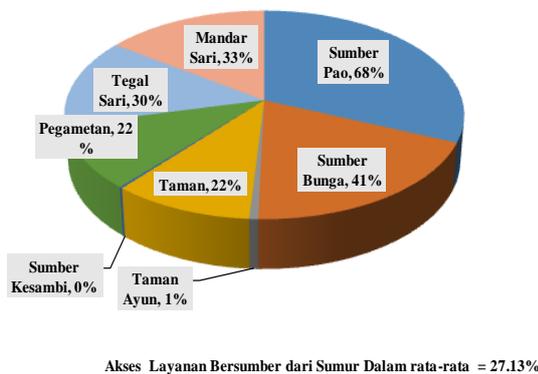
- Bersumber dari 2 buah sumur bor dengan system aliran perpipaan menggunakan sambungan rumah (SR) yang dilengkapi dengan meteran air (water meter) yang dikelola oleh Badan Usaha Masyarakat Desa (BUMDES). Sampai Agustus 2015 masyarakat di desa Sumberkima sudah mendapatkan akses layanan air bersih dengan sistem SR dari BUMDES. Prosentase tingkat layanan dimasing-masing dusun berbeda-beda, hal ini dilihat pada Gambar 3. Pada Gambar 3 juga dapat dilihat rata-rata tingkat layanan air bersih dengan SR dari BUMDES adalah 31,64%. Masyarakat yang menggunakan akses SR ini umumnya rumahnya berada dijalur perpipaan SPAM yang dikelola BUMDES.



Akses Layanan dengan SR dari BUMDES rata-rata = 31.64%

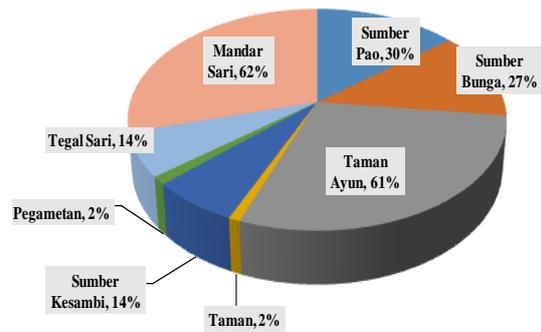
Gambar 3. Prosentase layanan akses air bersih dengan system SR dari BUMDES di desa Sumberkima per Agustus 2015

- Bersumber dari Sumur yang diusahakan masyarakat. Akses air bersih dari sumur ini dapat berupa sumur dalam yaitu kedalaman sumur > 10m dan sumur dangkal dengan kedalaman < 10m. Prosentase akses air bersih masyarakat yang bersumber dari sumur dalam mencapai rata-rata 27,13% (dapat dilihat pada Gambar 4). Sedangkan rata-rata akses air bersih bersumber dari sumur dangkal mencapai 26,13%. Sedangkan bersumber dari sumur dangkal adalah rata-rata 26,13%. Sumber air dari sumur sebagai air bersih umumnya digunakan oleh masyarakat disekitar pesisir.



Akses Layanan Bersumber dari Sumur Dalam rata-rata = 27.13%

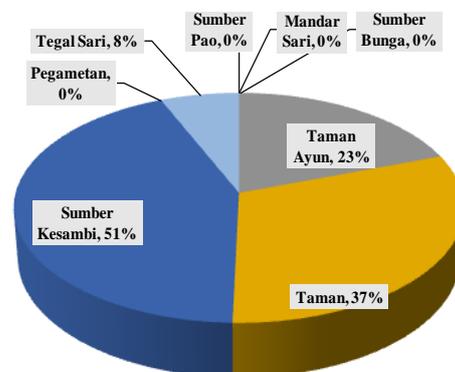
Gambar 4. Prosentase layanan akses air bersih Sumur Dalam di desa Sumberkima per Agustus 2015



Akses Layanan Bersumber dari Sumur Dangkal rata-rata= 26.13%

Gambar 5. Prosentase layanan akses air bersih Sumur Dangkal di desa Sumberkima per Agustus 2015

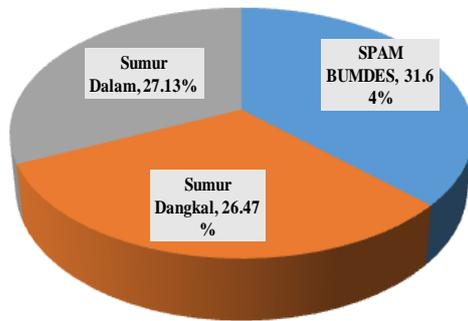
- Bersumber dari mata air sekitar permukiman masyarakat. Prosentase masyarakat yang mengakses air bersih bersumber dari mata air rata-rata adalah mencapai 14,84%, hal ini dapat dilihat pada Gambar 6. Masyarakat yang mengakses air bersih dari sumber mata air umumnya berada dilokasi agak jauh dari pesisir dan belum tersedianya sambungan perpipaan dari Sistem Penyediaan Minum (SPAM) BUMDES. Akses masyarakat yang menggunakan sumber mata air umumnya tidak mendapatkan air secara koninuu dan debit air yang belum mencukupi sehingga dilakukan upaya cara menampung dimasing-masing rumah. Prosentase masyarakat yang masih menggunakan sumber mata air dapat dilihat pada Gambar 6. Prosentase ini belum dikategorikan masyarakat terlayani akses air bersih.



Akses Layanan Bersumber dari Mata Air rata-rata = 14.84%

Gambar 6. Prosentase akses air bersih dari Mata Air di desa Sumberkima per Agustus 2015

Dari pembahasan diatas capain layanan akses air bersih secara koninu per Agustus 2015 mencapai 85%, yang bersumber dari sambungan rumah (SR) perpipaan dari SPAM BUMDES 31,64%, sumur dangkal 26,47% dan sumur dalam 27,13%. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 7.



Akses Air Bersih secara kontu dari 3 sumber = 85,24 %

Gambar 7. Prosentase akses air bersih secara koninu dari 3 sumber air di desa Sumberkima per Agustus 2015

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil evaluasi menemukan capain gerakan universal akses air bersih di desa Sumberkima mencapai 85%. Pencapaian ini melebihi target MDG's 2015 sebesar 68% (capaian 85%. > target),

Saran

Dari pencapaian akses air minum 85%, hanya 31,64% masyarakat desa Sumberkima mendapatkan akses air minum dari sisitem perpipaan dengan sambungan rumah dari SPAM yang dikelola BUMDES. Pada paper ini disarankan untuk mencari solusi agar masyarakat mendapatkan akses air bersih dari system perpipaan dari BUMDES, untuk medapatkan kualitas sumber air yang aman, terutama masyarakat yang menngunakan sumber air dari mata air dan sumur dangkal.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2010. Rencana Strategis Direktorat Jenderal Cipta Karya Tahun 2010-2014.
- Anonim. 2013. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 13/PRT/M/2013 Tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum.
- Hari Prasetio.2014. Draft Kerangka Acuan Capain Target 100-0-100 Skala Kelurahan /Desa dan Kawasan. <http://www.slideshare.net/Ihza/kerangka-acuan-pengukuran-kinerja-target-100-0100-djck-kementerian-pu?related=1>
- Anonim. 2015a. *Matrix Program Pemberdayaan Masyarakat di Perkotaan Tahun 2015-2019*. Direktorat Cipta Karya, Kementerian Pekerjaan Umum.
- Anonim. 2015b. Program Peningkatan Kualitas Permukiman di Perkotaan (P2KP - Kota) Dalam Upaya Pencapaian Target 100-0-100 dan Percepatan Penanganan Kumuh di Perkotaan Tahun 2015 – 2019. <http://www.slideshare.net/ariefrahadi/20150505-pedoman-p2-kp-kota-100-0100-tahun-20152019?related=2>

KAJIAN TINGKAT KEPUASAN PENGGUNA JASA TERHADAP KINERJA PELAYANAN ANGKUTAN PENYEBERANGAN LINTAS KARIANGAU – PENAJAM, BALIKPAPAN

Study of Costumer Satisfaction Level of Ferry Service Performance of Kariangau – Penajam Trajectory, Balikpapan

Darmadi¹, Muhammad Zainul Arifin², Imma Widyawati Agustin³

^{1,2}Jurusan Teknik Sipil - Fakultas Teknik - Universitas Brawijaya

Jl. MT. Haryono No.167, Malang 65145, Jawa Timur

Email: ¹idamrad@gmail.com; ²mzaftub@gmail.com

³Jurusan Teknik Perencanaan Wilayah dan Kota - Fakultas Teknik - Universitas Brawijaya

Jl. MT. Haryono No.167, Malang 65145, Jawa Timur

Email: ³immasaitama@ub.ac.id

Abstract

The objectives of this study are for knowing costumer satisfaction level of ferry service performance Kariangau– Penajam trajectory, Balikpapan based on customer perception with existence of change of ship operational system from 8:4 (8 ship operated and 4 standby) become 10:2 (10 ship operated and 2 standby) and also for getting alternative solution to overcome problems which there is still after imposed of new ship operational system. This study uses Importance-Performance Analysis (IPA) and Customer Satisfaction Index (CSI) methods. Result of study pursuant to analysis of IPA quadrant, service attributes becoming major priority to be improve repaired by its performance are attribute hygiene of bath room/toilet in ship , accuracy of arrival time in destination port, accuracy of time voyage duration, condition of air circulation in ship and demonstration of usage of safety appliance in ship. CSI calculation result based on customer perception obtained value 69% that representation that assessment of respondent to ferry service performance of Kariangau – Penajam trajectory enter in satisfied category.

Keywords: *service-performance, crossing-transport, Importance-Performance-Analysis, Customer- Satisfaction-Index*

Abstrak

Tujuan kajian ini adalah untuk mengetahui tingkat kepuasan pengguna jasa terhadap kinerja pelayanan angkutan penyeberangan lintas Kariangau – Penajam, Balikpapan berdasarkan persepsi pengguna jasa dengan adanya perubahan pola operasional kapal dari pola 8:4 (8 kapal operasi dan 4 *standby*) menjadi pola 10:2 (10 kapal operasi dan 2 *standby*) dan mendapatkan solusi alternatif untuk mengatasi permasalahan yang masih ada setelah diberlakukannya sistem operasional kapal yang baru. Kajian ini menggunakan metode *Importance-Performance Analysis* (IPA) dan *Customer Satisfaction Index* (CSI). Hasil analisis kuadran IPA, atribut pelayanan yang menjadi prioritas utama untuk diperbaiki kinerjanya adalah atribut kebersihan kamar mandi/WC di kapal, ketepatan waktu tiba di pelabuhan tujuan, ketepatan waktu lamanya perjalanan, kondisi sirkulasi udara di kapal dan peragaan pemakaian alat keselamatan di kapal. Hasil perhitungan CSI berdasarkan persepsi pengguna jasa diperoleh nilai 69% yang merepresentasikan bahwa penilaian pengguna jasa terhadap kinerja pelayanan angkutan penyeberangan lintas Kariangau – Penajam masuk dalam kategori Puas.

Kata kunci: *kinerja-pelayanan, angkutan-penyeberangan, Importance-Performance-Analysis, Customer-Satisfaction-Index*

PENDAHULUAN

Angkutan penyeberangan didefinisikan sebagai angkutan yang fungsinya sebagai jembatan penghubung jaringan jalan dan atau jaringan jalur kereta api yang terpisahkan oleh perairan untuk mengangkut penumpang dan

kendaraan beserta muatannya. Berdasarkan hal tersebut, pada dasarnya angkutan penyeberangan merupakan bagian dari angkutan jalan raya karena angkutan penyeberangan merupakan bagian penghubung jaringan transportasi darat yang berupa jalan raya ataupun kereta api yang terpisahkan oleh perairan. Berdasarkan hal

tersebut diharapkan angkutan penyeberangan mempunyai kriteria mendekati sifat-sifat angkutan jalan raya (Fitriani, 2011) yaitu:

- Pelayanan ulang-alik dengan frekuensi yang tinggi, pelayanan tanpa waktu tunggu yang lama;
- Pelayanan terjadwal dengan *headway* konstan; Pelayanan yang *reliable* biasanya dinyatakan dalam parameter *regularity* (ketepatan) dan *punctually* (ketepatan waktu);
- Pelayanan yang aman dan nyaman;
- Tarif yang moderat; dan
- Aksesibilitas ke pelabuhan angkutan penyeberangan yang tidak terlalu jauh dari pusat bangkitan lalu lintas.

Moda transportasi penyeberangan memiliki karakteristik mampu mengangkut penumpang dan kendaraan dalam jumlah besar serta dengan kecepatan relatif rendah dengan tingkat polusi yang rendah (Adisasmita, 2013). Jaringan pelayanan transportasi penyeberangan disebut dengan lintas penyeberangan. Lintas penyeberangan Kariangau – Penajam merupakan lintas penyeberangan antar kota/kabupaten yang ada di propinsi Kalimantan Timur. Lintasan ini memiliki panjang lintasan 6 mil laut dan menghubungkan dua wilayah, kota dan kabupaten yaitu kota Balikpapan dan kabupaten Penajam Paser Utara (PPU). Lintas Kariangau – Penajam merupakan lintas komersil dalam propinsi yang ditetapkan berdasarkan Keputusan Menteri Perhubungan Nomor KM. 64 Tahun 1989 tentang Lintas Penyeberangan.

Dengan menggunakan moda transportasi penyeberangan, Balikpapan – Penajam saat ini dapat ditempuh dalam waktu kurang lebih satu jam dan dua belas menit.

Sebagai fasilitas umum angkutan massa, kinerja pelayanan angkutan penyeberangan sering mendapatkan sorotan dari masyarakat. Salah satunya adalah dengan masih adanya keluhan masyarakat terhadap kinerja pelayanan angkutan penyeberangan Kariangau – Penajam yang menyatakan bahwa waktu penggunaan sistem pelayanan penyeberangan lama sehingga penumpang harus antri di pelabuhan atau lama di atas kapal menunggu bongkar muat. Untuk menjawab keluhan masyarakat tersebut maka diterapkanlah pola operasional kapal yang baru untuk lintas Kariangau – Penajam yaitu pola 10:2 (10 kapal operasi dan 2 *standby*) dari yang

sebelumnya pola 8:4 (8 kapal operasi dan 4 *standby*) oleh pengelola pelabuhan. Berdasarkan hal tersebut di atas, dipandang perlu adanya kajian tentang kinerja pelayanan angkutan penyeberangan lintas Kariangau – Penajam berdasarkan persepsi pengguna jasa terhadap penerapan pola sistem operasional kapal yang baru tersebut.

METODE PENELITIAN

Lokasi kajian adalah di Kota Balikpapan, Kalimantan Timur, tepatnya di pelabuhan penyeberangan Kariangau yang melayani penyeberangan lintas Kariangau – Penajam dengan fokus kajian pada kinerja pelayanan angkutan penyeberangan dalam hal ini adalah kapal - kapal penyeberangan yang melayani lintas Kariangau – Penajam dengan sistem operasional kapal 10:2 (10 kapal operasi dan 2 *standby*) (Gambar 1).

Data kajian yang digunakan adalah data persepsi pengguna jasa terhadap kinerja pelayanan angkutan penyeberangan lintas Kariangau-Penajam, Balikpapan. Data persepsi pengguna jasa diperoleh melalui pembagian kuesioner kepada pengguna jasa. Karena populasi jumlah pengguna jasa angkutan penyeberangan yang tidak bisa diketahui dengan pasti maka penentuan jumlah sampel untuk survei kepuasan pengguna jasa terhadap kinerja pelayanan angkutan penyeberangan menggunakan rumus pendekatan *Isac Michel* dan diperoleh jumlah sampel minimum 384 sampel namun untuk menghindari adanya kekurangan data digunakan 400 sampel.

Metode analisa data yang digunakan dalam kajian ini adalah metode *Importance-Performance Analysis* (IPA) dan metode *Customer Satisfaction Index* (CSI).



Gambar 1. Lokasi kajian

Sumber: *Google Earth (2015)* dan UPT. Pelabuhan Penyeberangan Kariangau, Balikpapan diolah (2015)

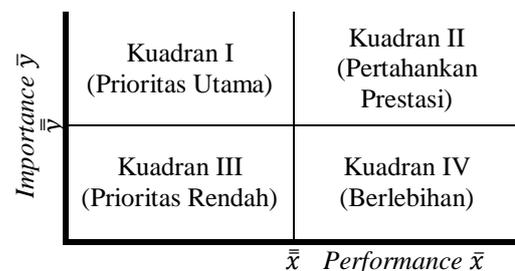
Importance Performance Analysis

Importance Performance Analysis (IPA) digunakan untuk mengetahui atribut-atribut pelayanan yang menurut pengguna jasa memberikan pengaruh yang besar terhadap tingkat kepuasan dan loyalitas pengguna jasa terhadap pelayanan yang mereka terima serta atribut-atribut pelayanan yang menurut pengguna jasa perlu ditingkatkan kinerjanya karena adanya perbedaan persepsi antara apa yang dirasakan dengan apa yang diharapkan. Ada pengukuran dua faktor yang digabungkan dalam metode ini, tingkat kepentingan dan tingkat kinerja yang dijabarkan ke dalam sebuah grafik dua dimensi yang memudahkan untuk penjelasan data dan usulan praktisnya. Grafik dua dimensi tersebut dapat dilihat dalam Gambar 2 dengan penjelasan sebagai berikut:

- Kuadran I (prioritas utama), atribut dalam kuadran ini memiliki tingkat kepentingan relatif tinggi dengan tingkat kinerja yang rendah, sehingga dapat dikatakan belum sesuai dengan harapan pengguna.
- Kuadran II (pertahankan prestasi), atribut dalam kuadran ini memiliki tingkat kepentingan relatif tinggi dengan tingkat kepuasan yang relatif tinggi pula sehingga

keberadaannya harus tetap dipertahankan.

- Kuadran III (prioritas rendah), atribut dalam kuadran ini memiliki tingkat kepentingan yang rendah dengan kinerja nyatanya juga tidak terlalu istimewa sehingga memberikan pengaruh yang sangat kecil terhadap manfaat yang dirasakan oleh pengguna.
- Kuadran IV (cenderung berlebihan), diisi oleh atribut yang tingkat kepentingannya relatif rendah dengan kinerja yang dirasakan berlebihan.



Gambar 2. Pembagian kuadran dalam IPA
Sumber: Supranto, 2001

Atribut pelayanan yang digunakan untuk mengukur tingkat kepuasan pengguna terhadap kinerja pelayanan angkutan penyeberangan dalam kajian ini disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Atribut pelayanan untuk pengukuran kinerja pelayanan angkutan penyeberangan

No.	Atribut Pelayanan
	Dimensi <i>Tangible</i> (berwujud)
1	Kebersihan toilet di dalam kapal
2	Kebersihan kapal
3	Kebersihan tempat duduk yang disediakan
4	Ketersediaan kantin/kafetaria di dalam kapal
5	Ketersediaan tempat ibadah di dalam kapal
6	Jumlah tempat duduk yang disediakan
7	Ketersediaan tempat duduk setiap saat
8	Kualitas tempat duduk
9	Gang/ruang jalan untuk orang melintas
10	Kondisi tangga di kapal
11	Ketersediaan ruang perawatan (klinik) untuk orang sakit
12	Ketersediaan ruang terbuka untuk tempat santai/rekreasi (<i>public area</i>)
13	Ketersediaan CCTV (kamera pemantau)
14	Ketersediaan musik
15	Tarif penyeberangan
16	Penampilan kru kapal
17	Antrian kendaraan naik dan turun kapal
	Dimensi <i>Reliability</i> (kehandalan)
18	Ketepatan waktu keberangkatan
19	Ketepatan waktu tiba di pelabuhan tujuan
20	Ketepatan lama waktu pelayanan
21	Jadwal perjalanan kapal
	Dimensi <i>Responsiveness</i> (daya tanggap)
22	Kemampuan operator darat dan kru kapal dalam memberikan pelayanan secara cepat dan tepat kepada penumpang
23	Kemampuan kru kapal untuk menolong penumpang (memberikan bantuan kepada penumpang apabila dibutuhkan)
24	Kemampuan kru kapal untuk menanggapi permintaan penumpang
25	Kepedulian untuk standar pelayanan
26	Kenyamanan di dalam kapal
27	Kenyamanan dan keleluasaan tempat duduk dalam kapal
28	Suhu udara dalam kapal
29	Pengetahuan yang dimiliki kru kapal
30	Pelayanan bongkar muat kendaraan
31	Waktu bongkar muat kendaraan
	Dimensi <i>Assurance</i> (keterjaminan)
32	Kelengkapan alat-alat keselamatan di kapal
33	Adanya pemberitahuan/peragaan alat-alat keselamatan di kapal
34	Keamanan di dalam kapal
35	Keamanan barang bawaan
	Dimensi <i>Empathy</i> (empati)
36	Keramahan kru di dalam kapal
37	Perhatian secara khusus bila ada keluhan dari penumpang
38	Kepedulian operator darat dan kru kapal untuk memahami suasana hati

Sumber: Parasuraman & Siahaan (2014)

Customer Satisfaction Index

Customer Satisfaction Index (CSI) merupakan suatu skala pengukuran yang menggambarkan tingkat kepuasan konsumen terhadap suatu produk (Ruta, 2014). Tahapan dalam perhitungan CSI adalah sebagai berikut:

- Perhitungan *weighted factor* yaitu mengubah skor rata-rata tingkat kepentingan dalam persen, sehingga diperoleh *weighted factor* total 100%
- Perhitungan *weighting score* yaitu mengalikan skor rata-rata tingkat kinerja dengan *weighted factor*
- Perhitungan *weighted total* yaitu menjumlahkan *weighted score* semua atribut
- Perhitungan *satisfaction index* yaitu membagi *weighted total* dengan skala likert maksimal yang digunakan (dalam kajian ini 5) kemudian dikalikan dengan 100%

Selanjutnya untuk menentukan tingkat kepuasan konsumen mengacu pada tetapan rentang nilai tingkat kepuasan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Rentang nilai tingkat kepuasan

Rentang Nilai	Kriteria
0,00 – 0,34	Tidak puas
0,35 – 0,50	Kurang puas
0,51 – 0,65	Cukup puas
0,66 – 0,80	Puas
0,81 – 1,00	Sangat puas

Sumber: Ruta, 2014

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Pengguna Jasa Angkutan Penyeberangan Lintas Kariangau – Penajam

Tabel 3 menjelaskan besarnya persentase dari yang terbesar sampai yang terkecil untuk masing-masing karakteristik pengguna jasa pada tiap-tiap kategori dimana dapat diketahui bahwa sebagian besar pengguna jasa angkutan penyeberangan lintas Kariangau – Penajam, Balikpapan berusia diatas 30 tahun sampai dengan 40 tahun yang merupakan kelompok usia dewasa dan produktif, berjenis kelamin laki-laki karena mayoritas adalah pengendara kendaraan baik roda 2 maupun roda 4, sesuai data BPS Kota Balikpapan (2015) mayoritas penduduk kota Balikpapan memiliki pendidikan terakhir SMA/SMK dengan kegiatan utama bekerja.

Mayoritas jenis pekerjaan pengguna jasa adalah sebagai karyawan swasta dengan penghasilan antara 2 juta sampai dengan 4 juta rupiah sesuai dengan Upah Minimum Kota (UMK) Balikpapan tahun 2015 yang ditetapkan yaitu sebesar Rp. 2.219.500,-.

Tabel 3. Sebaran karakteristik pengguna jasa berdasarkan kategori

Kategori	Karakteristik	Persentase
Umur	> 30 – 40 Tahun	31%
	20 – 30 Tahun	30%
	< 20 Tahun	14%
	> 40 – 50 tahun	14%
	> 50 tahun	11%
Jenis Kelamin	Laki-laki	75%
	Perempuan	25%
Pendidikan Terakhir	SMA/SMK	47%
	< SLTP	17,50%
	D3	16,50%
	D4/ S1	15,75%
	S2/ S3	3,25%
Pekerjaan	Karyawan Swasta	43%
	Wiraswasta	19,50%
	Lainnya	13%
	Pelajar/ Mahasiswa	11,50%
	PNS/ ABRI	8,75%
	Pensiunan	4,25%
Penghasilan/bulan	> 2 Jt – 4 Jt	45%
	> 4 Jt	22%
	1 Jt – 2 Jt	18%
	< 1 juta	15%
Tujuan Perjalanan	Bekerja	39,75%
	Pulang	31,50%
	Lain-lain	12,75%
	Rekreasi	10,75%
	Sekolah	4,75%
	Belanja	0,50%

Sumber: Hasil Olah Data (2015)

Kinerja Pelayanan Angkutan Penyeberangan Berdasarkan Persepsi Pengguna Jasa

Tingkat Kesesuaian Pengguna Jasa Angkutan Penyeberangan Lintas Kariangau-Penajam

Tabel 4 menunjukkan total skor penilaian kinerja pelayanan angkutan penyeberangan dan kepentingan pengguna jasa terhadap atribut pelayanan yang dikaji (1-38), nilai tingkat kesesuaian pengguna jasa untuk masing-masing

atribut pelayanan, urutan prioritas dan skor rata-rata kinerja pelayanan angkutan penyeberangan dan kepentingan pengguna jasa.

Tabel 4. Total skor kinerja dan kepentingan, tingkat kesesuaian dan rata-rata kinerja dan kepentingan

Atribut Pelayanan	Total Skor Kinerja (ΣX)	Total Skor Kepentingan (ΣY)	Tingkat Kesesuaian (%)	Prioritas	Rata-rata Kinerja (\bar{X})	Rata-rata Kepentingan (\bar{Y})
1	1366	1734	78,78	10	3,40	4,34
2	1448	1722	84,09	27	3,61	4,31
3	1494	1691	88,35	35	3,74	4,23
4	1420	1607	88,36	36	3,55	4,02
5	1525	1766	86,35	31	3,81	4,42
6	1522	1707	89,16	37	3,81	4,27
7	1525	1672	91,21	38	3,82	4,18
8	1473	1719	85,69	30	3,68	4,30
9	1439	1658	86,79	32	3,60	4,15
10	1304	1702	76,62	6	3,26	4,26
11	1067	1682	63,44	1	2,68	4,21
12	1208	1531	78,90	11	3,02	3,83
13	1091	1592	68,53	2	2,73	3,98
14	1185	1432	82,75	22	2,96	3,58
15	1260	1624	77,59	8	3,15	4,06
16	1459	1663	87,73	34	3,65	4,16
17	1450	1663	87,19	33	3,63	4,16
18	1404	1779	78,92	12	3,50	4,45
19	1322	1769	74,73	5	3,32	4,42
20	1329	1733	76,69	7	3,33	4,33
21	1423	1743	81,64	18	3,55	4,36
22	1439	1721	83,61	26	3,59	4,30
23	1421	1756	80,92	15	3,54	4,39
24	1396	1688	82,70	21	3,48	4,22
25	1420	1748	81,24	17	3,53	4,37
26	1464	1804	81,15	16	3,65	4,51
27	1439	1754	82,04	20	3,60	4,39
28	1239	1737	71,33	4	3,09	4,34
29	1418	1698	83,51	25	3,54	4,25
30	1432	1692	84,63	28	3,58	4,23
31	1406	1686	83,39	23	3,51	4,22
32	1416	1802	78,58	9	3,53	4,51
33	1225	1761	69,56	3	3,06	4,40
34	1454	1824	79,71	14	3,63	4,56
35	1449	1824	79,44	13	3,62	4,56
36	1477	1733	85,23	29	3,68	4,33
37	1404	1712	82,01	19	3,49	4,28
38	1402	1680	83,45	24	3,49	4,20
Total					131,54	162,02
Rata-rata			81,21		3,46 (\bar{X})	4,26 (\bar{Y})

Sumber: Hasil Olah Data (2015)

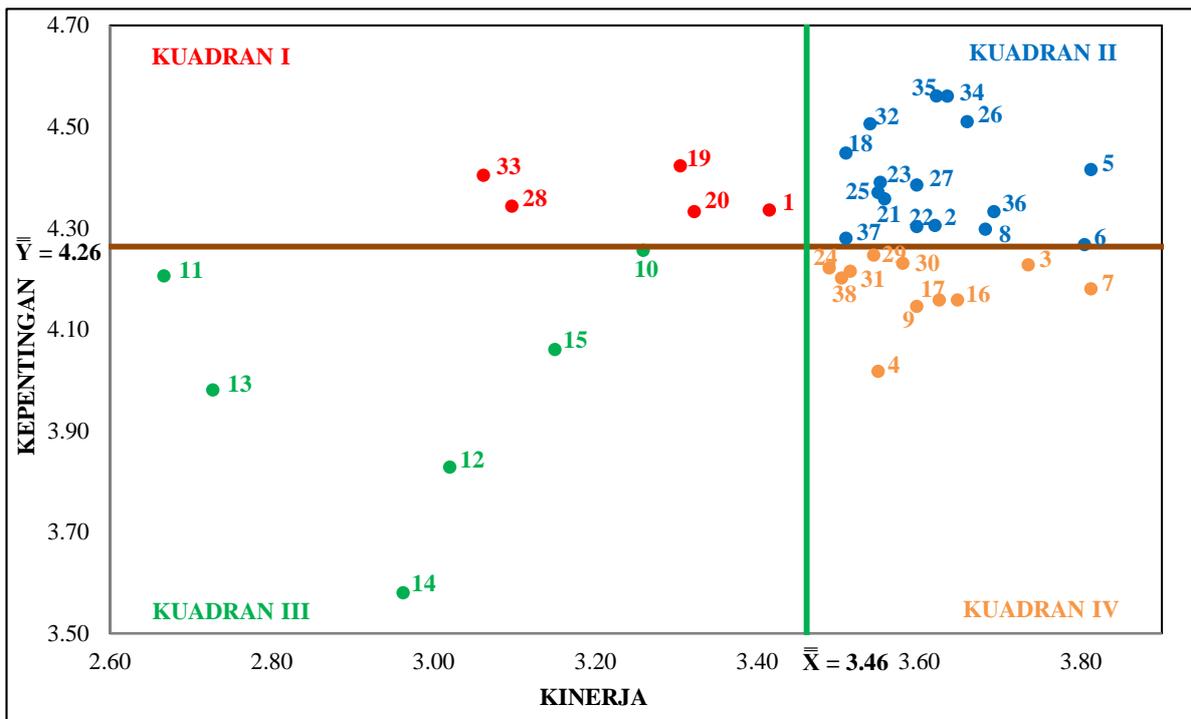
Diketahui rata-rata nilai tingkat kesesuaian yang diperoleh adalah 81,21% dimana nilai ini menunjukkan bahwa secara keseluruhan atribut pelayanan angkutan penyeberangan masih belum sesuai dengan harapan pengguna jasa karena nilai tingkat kesesuaian tidak mencapai 100% sehingga masih diperlukan adanya perhatian dan perbaikan dari operator angkutan penyeberangan untuk peningkatan kinerja pelayanan yang diberikan.

Tingkat Kinerja dan Kepentingan Pengguna Jasa Angkutan Penyeberangan Lintas Kariangau-Penajam

Persepsi pengguna jasa terhadap atribut pelayanan yang diberikan oleh operator angkutan penyeberangan merupakan dasar penentu penilaian tingkat kinerja pelayanan dari angkutan penyeberangan yang ada apakah sudah baik atau belum yaitu dengan membandingkan nilai rata-rata kinerja pelayanan yang diberikan oleh penyedia jasa untuk setiap atribut pelayanan (\bar{X}) terhadap rata-rata kinerja keseluruhan atribut pelayanan ($\bar{\bar{X}}$) dimana dari Tabel 3 diketahui besarnya nilai $\bar{\bar{X}} = 3,46$. Sebagai dasar

penentu penilaian tingkat kepentingan pengguna jasa terhadap pelayanan angkutan penyeberangan dilakukan dengan membandingkan nilai rata-rata kepentingan pengguna jasa untuk semua atribut pelayanan (\bar{Y}) terhadap rata-rata kepentingan keseluruhan atribut pelayanan ($\bar{\bar{Y}}$) dimana dari Tabel 3 diketahui besarnya nilai $\bar{\bar{Y}} = 4,26$. Nilai \bar{X} dan \bar{Y} selanjutnya diplotkan dalam diagram kartesius sebagai sumbu koordinat dan nilai rata-rata persepsi pengguna jasa terhadap kinerja \bar{X} dan kepentingan \bar{Y} pelayanan angkutan penyeberangan selanjutnya digunakan untuk melakukan analisis data dalam diagram kartesius metode IPA.

Gambar 4 menunjukkan hasil *plotting* atribut pelayanan dalam diagram kartesius metode IPA sehingga terlihat persebaran letak atribut-atribut pelayanan angkutan penyeberangan yang dikaji menurut persepsi pengguna jasa pada masing-masing kuadran metode IPA. Atribut-atribut pelayanan yang masuk pada tiap-tiap kuadran adalah sebagai berikut:



Gambar 4. *Plotting* atribut-atribut pelayanan angkutan penyeberangan dalam digram kartesius metode IPA
 Sumber: Hasil Analisis (2015)

KUADRAN I (prioritas utama)

- 1 Kebersihan toilet di dalam kapal
- 19 Ketepatan waktu tiba di pelabuhan tujuan
- 20 Ketepatan lama waktu pelayaran
- 28 Suhu udara dalam kapal
- 33 Adanya pemberitahuan/peragaan alat-alat keselamatan di kapal

KUADRAN II (pertahankan prestasi)

- 2 Kebersihan kapal
- 5 Ketersediaan tempat ibadah di dalam kapal
- 6 Jumlah tempat duduk yang disediakan
- 8 Kualitas tempat duduk
- 18 Ketepatan waktu keberangkatan
- 21 Jadwal perjalanan kapal
- 22 Kemampuan operator darat dan kru kapal dalam memberikan pelayanan secara cepat dan tepat kepada penumpang
- 23 Kemampuan kru kapal untuk menolong penumpang (memberikan bantuan kepada penumpang apabila dibutuhkan)
- 25 Kepedulian untuk standar pelayanan
- 26 Kenyamanan di dalam kapal
- 27 Kenyamanan dan keleluasaan tempat duduk dalam kapal
- 32 Kelengkapan alat-alat keselamatan di kapal
- 34 Keamanan di dalam kapal
- 35 Keamanan barang bawaan
- 36 Keramahan kru di dalam kapal
- 37 Perhatian secara khusus bila ada keluhan dari penumpang

KUADRAN III (prioritas rendah)

- 10 Kondisi tangga di kapal
- 11 Tersedianya ruang perawatan (klinik) untuk orang sakit
- 12 Tersedianya ruang terbuka untuk tempat santai/rekreasi (*public area*)
- 13 Tersedianya CCTV (kamera pemantau)
- 14 Tersedianya musik
- 15 Tarif penyeberangan

KUADRAN IV (cenderung berlebihan)

- 3 Kebersihan tempat duduk yang disediakan
- 4 Ketersediaan kantin/kafetaria di dalam kapal
- 7 Tersedia tempat duduk setiap saat
- 9 Gang/ruang jalan untuk orang melintas
- 16 Penampilan kru kapal
- 17 Antrian kendaraan naik dan turun kapal
- 24 Kemampuan kru kapal untuk menanggapi permintaan penumpang
- 29 Pengetahuan yang dimiliki kru awak kapal
- 30 Pelayanan bongkar muat kendaraan
- 31 Waktu bongkar muat kendaraan
- 38 Kepedulian operator darat dan kru kapal untuk memahami suasana hati

Kepuasan Pengguna Jasa terhadap Pelayanan Angkutan Penyeberangan Lintas Kariangau-Penajam

Tabel 5. Indeks Kepuasan Pengguna (CSI)

Atribut Pelayanan	Rata-rata Kinerja (\bar{X})	Rata-rata Kepentingan (Y)	Weighted Factor (Wf) (%)	Weighting Score (Ws)
1	3,40	4,34	2,68	0,09
2	3,61	4,31	2,66	0,10
3	3,74	4,23	2,61	0,10
4	3,55	4,02	2,48	0,09
5	3,81	4,42	2,72	0,10
6	3,81	4,27	2,63	0,10
7	3,82	4,18	2,58	0,10
8	3,68	4,30	2,65	0,10
9	3,60	4,15	2,56	0,09
10	3,26	4,26	2,63	0,09
11	2,68	4,21	2,60	0,07
12	3,02	3,83	2,36	0,07
13	2,73	3,98	2,46	0,07
14	2,96	3,58	2,21	0,07
15	3,15	4,06	2,51	0,08
16	3,65	4,16	2,57	0,09
17	3,63	4,16	2,57	0,09
18	3,50	4,45	2,74	0,10
19	3,32	4,42	2,73	0,09
20	3,33	4,33	2,67	0,09
21	3,55	4,36	2,69	0,10
22	3,59	4,30	2,66	0,10
23	3,54	4,39	2,71	0,10
24	3,48	4,22	2,60	0,09
25	3,53	4,37	2,70	0,10
26	3,65	4,51	2,78	0,10
27	3,60	4,39	2,71	0,10
28	3,09	4,34	2,68	0,08
29	3,54	4,25	2,62	0,09
30	3,58	4,23	2,61	0,09
31	3,51	4,22	2,60	0,09
32	3,53	4,51	2,78	0,10
33	3,06	4,40	2,72	0,08
34	3,63	4,56	2,81	0,10
35	3,62	4,56	2,81	0,10
36	3,68	4,33	2,67	0,10
37	3,49	4,28	2,64	0,09
38	3,49	4,20	2,59	0,09
<i>Weighted Total</i>				3,47
CSI = $(3,47/5) * 100\% =$				69%

Sumber: Hasil Analisis (2015)

Tabel 5 menjelaskan bahwa berdasarkan hasil perhitungan CSI terhadap skor rata-rata kinerja dan kepentingan diperoleh besarnya nilai CSI adalah 69%. Nilai tersebut berada pada rentang nilai 0,66 – 0,80 yang masuk dalam

kriteria Puas. Sehingga dapat dikatakan bahwa pengguna jasa angkutan penyeberangan merasa puas terhadap kinerja seluruh atribut pelayanan angkutan penyeberangan lintas Kariangau-Penajam, Balikpapan.

Solusi Alternatif Untuk Atribut Pelayanan di Kuadran I (Prioritas Utama)

Solusi alternatif untuk peningkatan pelayanan angkutan penyeberangan berdasarkan persepsi pengguna jasa terkait dengan kebersihan toilet di kapal adalah dengan menempatkan *cleaning service* yang *standby* bertugas menjaga kebersihan toilet juga dengan selalu menyampaikan melalui pengeras suara agar senantiasa menjaga kebersihan selama pelayaran setiap kapal mau berangkat maupun tiba di pelabuhan tujuan. Untuk ketepatan waktu tiba di pelabuhan tujuan dan ketepatan lama waktu pelayaran dapat ditingkatkan dengan menjalin komunikasi antar kapal yang selalu *update* posisi sehingga nakhoda bisa mengatur kecepatan kapal agar bisa memenuhi *time table* yang telah ditetapkan. Untuk suhu udara di dalam kapal dapat ditingkatkan dengan penambahan unit *air conditioner* (AC) ataupun *fan* dengan diameter *fan* yang disesuaikan dengan luas ruangan kapal yang dilayani. Adanya pemberitahuan/peragaan alat-alat keselamatan di kapal dapat dilakukan dengan peragaan langsung oleh *crew* kapal atau melalui rekaman visual yang dapat dilihat oleh seluruh penumpang.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Masih adanya keluhan masyarakat terhadap kinerja pelayanan angkutan penyeberangan lintas Kariangau – Penajam yang menyatakan bahwa waktu penggunaan sistem pelayanan penyeberangan lama sehingga penumpang harus antri di pelabuhan atau lama di atas kapal menunggu bongkar muat menyebabkan diberlakukannya sistem operasional kapal yang baru yaitu pola 10:2 (10 operasi dan 2 *standby*) menggantikan pola yang lama 8:4 (8 operasi dan 4 *standby*). Metode untuk mengetahui kinerja pelayanan tersebut dengan melakukan survei terhadap persepsi kepuasan pengguna jasa. Hasil analisis menyebutkan bahwa kinerja pelayanan angkutan penyeberangan masih perlu penanganan dan perbaikan. Hasil IPA menjelaskan bahwa

atribut pelayanan yang menempati prioritas utama untuk diperbaiki adalah atribut kebersihan kamar mandi/WC di kapal, ketepatan waktu tiba di pelabuhan tujuan, ketepatan lama waktu pelayaran, suhu udara di dalam kapal dan Adanya pemberitahuan/peragaan alat-alat keselamatan di kapal. Sedangkan beberapa atribut pelayanan yang perlu dipertahankan kinerjanya diantaranya kebersihan kapal, ketersediaan tempat ibadah di dalam kapal dan jumlah tempat duduk yang disediakan. Atribut pelayanan dengan prioritas rendah terdiri dari 6 atribut pelayanan. Sementara itu atribut pelayanan yang dianggap berlebihan terdiri dari 11 atribut pelayanan.

Hasil analisis indeks kepuasan pengguna jasa diperoleh nilai CSI sama dengan 69% yang menunjukkan bahwa kinerja pelayanan angkutan penyeberangan yang dirasakan oleh pengguna jasa masuk dalam kriteria Puas.

Saran

Sebagai saran untuk kajian dan penelitian selanjutnya, diperlukan keterlibatan kru kapal sebagai responden sehingga dapat diketahui persepsinya terhadap pelayanan yang telah diberikan sebagai masukan berharga kepada operator kapal sebagai upaya mempertahankan dan meningkatkan kinerja pelayanan kepada pengguna jasa.

DAFTAR PUSTAKA

- Adisasmita, R. 2013. Pembangunan Ekonomi Maritim, Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Anonim. 2008. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2008 Tentang Pelayaran. Jakarta.
- Anonim. 2015. Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 39 Tahun 2015 tentang Standar Pelayanan Penumpang Angkutan Penyeberangan. Jakarta.
- Anonim. 2012. Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Darat Nomor: SK.4608/AP.005/DRJD/2012 tentang Standar Pelayanan Minimal Angkutan Penyeberangan. Jakarta.
- Anonim. 2010. Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Darat Nomor: SK.242/HK.104/DRJD/2010 tentang Pedoman Teknis Manajemen Lalu Lintas Penyeberangan. Jakarta.
- Anonim. 2014. Salinan Keputusan Gubernur Kalimantan Timur Nomor

- 561/K.739/2014 tentang Penetapan Upah Minimum Kota Balikpapan Tahun 2015. Samarinda.
- Anonim. 2015. *Kota Balikpapan Dalam Angka 2015*. BPS Kota Balikpapan. Kota Balikpapan.
- Fitriani, E, 2011, Analisis Penetapan Tarif Disesuaikan dengan Ekspektasi Penumpang terhadap Pelayanan Kapal RoRo Lintas Merak-Bakauheni, Tesis. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Parasuraman, A., Zeithaml, VA., Berry, LL. 1988. Servqual : A Multiple-Item Scale for Measuring Consumer Perceptions of Service Quality. *Journal of Retailing* Volume 64 Number 1 page 12-40.
- Ruta, K.S. 2014. *Analisis Tingkat Pelayanan Stasiun Lempuyangan Terhadap Kepuasan Pengguna Jasa Dengan Integrasi Metode Importance Performance Analysis (IPA) dan Model Kano*. Tesis. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Siahaan, B.L. 2014. *Kajian Kinerja Pelayanan dan Pemilihan Moda Angkutan Penyeberangan Rute Kupang-Rote*. Tesis, Universitas Brawijaya, Malang.
- Siregar, S. 2013. *Metode Penelitian Kuantitatif Dilengkapi Dengan Perbandingan Perhitungan Manual & SPSS*, Kencana Prenada Media Group, Jakarta.
- Sedayu, A., Sulistio, H., Wicaksono, A. 2013. *Prioritas Peningkatan Kualitas Pelayanan Terminal Joyoboyo Surabaya*. The 16st FSTPT International Symposium, UMS Surakarta.
- Supranto, J. 2001. *Pengukuran Tingkat Kepuasan Pelanggan (Cetakan Kedua)*. Jakarta: Rineka Cipta

STUDI OPTIMASI POLA TANAM DAERAH IRIGASI GONG GANG KECAMATAN PARANG KABUPATEN MAGETAN

Optimization Study of Cropping Area Gong Gang Irrigated of Parang Districts Magetan Region

Ernawan Setyono¹, Safik Mucharom²

^{1,2} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Malang
Jl. Raya Tlogomas No.246, Malang (0341) 464318

Abstract

Along with the increasing population growth, the need for food also increased. To meet that need for optimization studies of the factors that influence spatial patterns of planting in order to increase the volume of food production. Determination of the cropping pattern that will be used after the first known dependable flow and water requirements. Through the design cropping pattern is expected cropping intensity can be enhanced and existing water sources can be used optimally. linear programming used in this optimization study using QM for Windows 4 software. The most optimal results from the optimization that has been done is an alternative was began on November cropping patterns : rice-palawija-sugarcane season crops beginning 1st week of November, profits amounted to Rp 106.729.700.000 to the area that can be cultivated for the planting season I: Rice = 1990 ha, palawija = 307 ha sugarcane = 89 ha, planting season II: Rice = 1990 ha, palawija = 307 ha sugarcane = 89 ha, and planting season III: Rice = 258,2753 ha Palawija = 2038,725 ha, sugarcane = 89 ha.

Keywords : *dependable flow, water requirements, design cropping*

Abstrak

Seiring dengan pertumbuhan penduduk yang semakin meningkat, maka kebutuhan panganpun meningkat . Untuk memenuhi hal tersebut perlu adanya studi optimasi terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi pola tata tanam guna peningkatan volume produksi pangan. Penentuan pola tanam yang akan di pakai setelah terlebih dahulu diketahui debit andalan dan kebutuhan air. Melalui rancangan pola tanam ini diharapkan intensitas tanam dapat ditingkatkan dan sumber air yang ada dapat dimanfaatkan secara optimal. Linier programming yang dipakai dalam studi optimasi ini menggunakan software QM for Windows 4. Hasil yang paling optimal dari optimasi yang sudah dilakukan adalah alternative pola tanam yang dimulai bulan November 1: Padi-palawija-tebu awal musim tanam minggu ke-1 bulan November keuntungan yang diperoleh sebesar Rp 106.729.700.000 dengan luasan yang dapat ditanami untuk musim tanam I: Padi = 1990 ha, palawija 307, tebu = 89 ha, musim tanam II : Padi = 1990 ha, palawija = 307, tebu = 89 ha, dan musim tanam III : Padi = 258,2753 ha Palawija = 2038,725 ha, tebu = 89 ha.

Kata kunci : Debit andalan, Kebutuhan Air, Pola Tanam

PENDAHULUAN

Penyimpangan dalam pelaksanaan tanam yang diterapkan seringkali tidak sesuai dengan pola tanam rencana atau rencana tanam detail yang diusulkan. Kasus ini umumnya sering terjadi disaat musim kemarau petani lebih banyak menanam jagung dari pada tanaman padi, sehingga tanaman jagung yang ditanam melebihi dari luas yang direncanakan. Kondisi semacam ini tentunya akan berpengaruh terhadap pertumbuhan dari

tanaman padi itu sendiri yang pada akhirnya akan menyebabkan hasil produksi yang kurang maksimal. Hal ini akan menyebabkan debit air yang tersedia tidak dapat mencukupi kebutuhan air irigasi Bdan berakibat pemberian air tidak merata (Soetopo, 2009). Indonesia merupakan negara agraris sehingga sangat wajar dilakukan pembangunan di bidang pertanian yang menjadi prioritas utama dalam agenda pembangunan nasional dan memberikan komitmen tinggi terhadap pembangunan ketahanan pangan. Hal itu

sesuai dengan tuntutan UU No.7 tahun 1996 tentang pangan yaitu ketahanan pangan merupakan kewajiban pemerintah bersama masyarakat (*Partowijoto, 2003*). Ketahanan pangan diartikan sebagai kondisi terpenuhinya pangan bagi rumah tangga yang tercermin dari tersedianya pangan yang cukup, baik dalam jumlah maupun mutunya, aman dan merata, serta terjangkau. Di Kabupaten Magetan terutama di bagian selatan yaitu di Kecamatan Poncol, Ngariboyo dan Lembeyan dengan jumlah penduduk ± 108.000 jiwa (dalam tahun 2008) sebagian besar masyarakatnya hidup dari hasil pertanian. Didaerah tersebut keadaan lahannya sangat gersang dan tandus, dimana pada musim kemarau sangat kekurangan air. Oleh karena itu, Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mendapatkan pola tanam yang terbaik, sehingga pembagian debit air irigasi yang tersedia di daerah irigasi khususnya Daerah Irigasi Gong Gang dapat dilakukan secara optimal yaitu sesuai dengan luas lahan dan rencana pola tanam yang ada .

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan sistem pola tanam dengan membandingkan kebutuhan air eksisting dengan kebutuhan air rencana. Selain itu, sebagai salah satu indikator yang nantinya diharapkan agar bisa di kembangkan dengan metode perencanaan Pola tanam yang lebih terpadu.

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan sebuah wawasan bagaimana mengelola sumber daya air termasuk di dalamnya dalam hal merencanakan suatu model optimalisasi pola tanam. Sedangkan bagi Masyarakat adalah Dapat memberikan nilai ekonomis yang lebih dengan terciptanya produk pertanian yang variatif dan unggul melalui terciptanya jaringan irigasi dan sistem pola tanam yang baru.

Irigasi

Irigasi ialah usaha untuk memperoleh air yang menggunakan bangunan dan saluran buatan untuk keperluan penunjang produksi pertanian. Kata irigasi berasal dari kata *irrigate* dalam bahasa Belanda dan *irrigation* dalam bahasa Inggris. Menurut *Abdullah Angoedi* (1984) dalam Sejarah Irigasi di Indonesia dalam laporan Pemerintah Belanda irigasi ialah secara teknis menyalurkan air melalui saluran-saluran pembawa ke tanah

pertanian dan setelah air tersebut diambil manfaat sebesar-besarnya menyalurkannya ke saluran-saluran pembuangan terus ke sungai.

Ketersediaan Air

Ketersediaan air adalah jumlah air (debit) yang diperkirakan terus-menerus ada di suatu lokasi (bendung atau bangunan air lainnya) disungai dengan jumlah tertentu dan dalam jangka waktu (periode) tertentu (*Anonim, 1986*). Ketersediaan air dalam pengertian sumberdaya air pada dasarnya berasal dari air hujan (atmosferik), air permukaan dan air tanah. Hujan yang jatuh di atas permukaan pada suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) atau Wilayah Sungai (WS) sebagian akan menguap kembali sesuai dengan proses iklimnya, sebagian akan mengalir melalui permukaan dan sub permukaan masuk ke dalam saluran, sungai atau danau dan sebagian lagi akan meresap jatuh ke tanah sebagai pengisian kembali (*recharge*) pada air tanah yang ada (*Anonim, 2006*).

Debit Andalan

Debit andalan merupakan debit dari suatu sumber air (misal sungai) yang diharapkan dapat disadap untuk keperluan irigasi (SPI KP-1 : 1986). Misalnya ditetapkan debit andalan 80% berarti akan dihadapi resiko adanya debit-debit yang lebih kecil dari debit andalan sebesar 20% pengamatan (*Soemarto, CD : 1987*).

Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air irigasi sebagian besar dicukupi dari air permukaan. Kebutuhan air irigasi ditentukan oleh berbagai faktor seperti cara penyiapan lahan, kebutuhan air untuk tanaman, perkolasi dan rembesan, pergantian lapisan air dan curah hujan efektif. Kebutuhan air irigasi dihitung dengan persamaan (*Triatmodjo, 2010*).

Kebutuhan Air Konsumtif

Kebutuhan air untuk tanaman di lahan diartikan sebagai kebutuhan air konsumtif dengan memasukkan faktor koefisien tanaman (kc). Persamaan rumus umum yang digunakan adalah (*Triatmodjo, 2010*) :

Kebutuhan Air Untuk Penyiapan Lahan

Kebutuhan air pada waktu persiapan lahan dipengaruhi oleh faktor-faktor antara lain waktu yang diperlukan untuk penyiapan

lahan (Perhitungan kebutuhan air selama penyiapan lahan (T) dan lapisan air yang dibutuhkan untuk persiapan lahan (S). Perhitungan kebutuhan air selama penyiapan lahan, digunakan metode yang dikembangkan oleh Van de Goor dan Zijlstra (*Anonim, 1986*).

Kebutuhan Air Untuk Mengganti Lapisan Air (WLR)

Kebutuhan air untuk mengganti lapisan air / Water Layer Requirement (WLR) ditetapkan berdasarkan Standar Perencanaan Irigasi 1986, KP-01. Besar kebutuhan air untuk penggantian lapisan air adalah 50 mm/bulan (atau 3,3 mm/hari selama ½ bulan) selama satu dan dua bulan setelah transplantasi. Penggantian lapisan air mempunyai tujuan untuk memenuhi kebutuhan air yang terputus akibat kegiatan di sawah. Ketentuan yang berlaku antara lain (*Anonim, 1986*).

Perkolasi (P)

Perkolasi adalah proses bergeraknya air melalui profil tanah karena tenaga gravitasi. Air bergerak ke dalam tanah melalui celah-celah dan pori-pori tanah dan batuan menuju muka air tanah.

Evapotranspirasi

Peristiwa berubahnya air menjadi uap ke udara bergerak dari permukaan tanah, permukaan air dan penguapan melalui tanaman dinamakan evapotranspirasi.

Curah Hujan Andalan

Curah hujan andalan adalah curah hujan rerata daerah minimum untuk kemungkinan terpenuhi yang sudah ditentukan dan dapat dipakai untuk keperluan irigasi. Curah hujan andalan untuk tanaman padi ditetapkan sebesar 80%, sedangkan untuk tanaman palawija sebesar 50%.

Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif adalah hujan andalan yang jatuh di suatu daerah dan digunakan tanaman untuk pertumbuhan. Curah hujan tersebut merupakan curah hujan wilayah yang harus diperkirakan dari titik pengamatan yang dinyatakan dalam millimeter (*Sosrodarsono, 1980*).

Efisiensi Irigasi (EI)

Efisiensi irigasi merupakan faktor penentu utama dari unjuk kerja suatu sistem

jaringan irigasi. Efisiensi irigasi terdiri atas efisiensi pengaliran yang pada umumnya terjadi di jaringan utama dan efisiensi di jaringan sekunder (dari bangunan pembagi sampai petak sawah). Pengertian EI timbul karena terjadi kehilangan air selama proses penyaluran dan pemakaian air irigasi di petak sawah. Jadi EI dapat didefinisikan perbandingan antara jumlah air yg diberikan dikurangi kehilangan air dengan jumlah yang diberikan.

Koefisien Tanaman

Koefisien tanaman diberikan untuk menghubungkan evapotranspirasi (Eto) dengan evapotranspirasi tanaman acuan (Etc) dan dipakai dalam rumus Penman. Koefisien yang dipakai harus didasarkan pada pengalaman yang terus menerus proyek irigasi di daerah studi. Besarnya nilai suatu Koefisien tanaman tergantung dari umur dan jenis tanaman yang ada. Koefisien tanaman ini merupakan faktor yang dapat digunakan untuk mencari besarnya air yang habis terpakai untuk tanaman untuk masa pertumbuhannya.

Optimasi

Optimasi irigasi telah menjadi pokok dari penelitian selama paling sedikit empat *decade*, tetapi sejauh ini belum ada prosedur optimasi yang sesuai dan sistematis yang digunakan dalam rangka produksi pertanian. Analisa menyeluruh di wilayah pertanian umumnya menerapkan teknik-teknik program matematika (*mathematical programing*) seperti program linier dan program dinamik yaitu pada daerah yang banyak petak dan jenis tanaman, sedangkan jumlah airnya terbatas (*Kumar, D.N., et al. 2006*).

METODE PENELITIAN

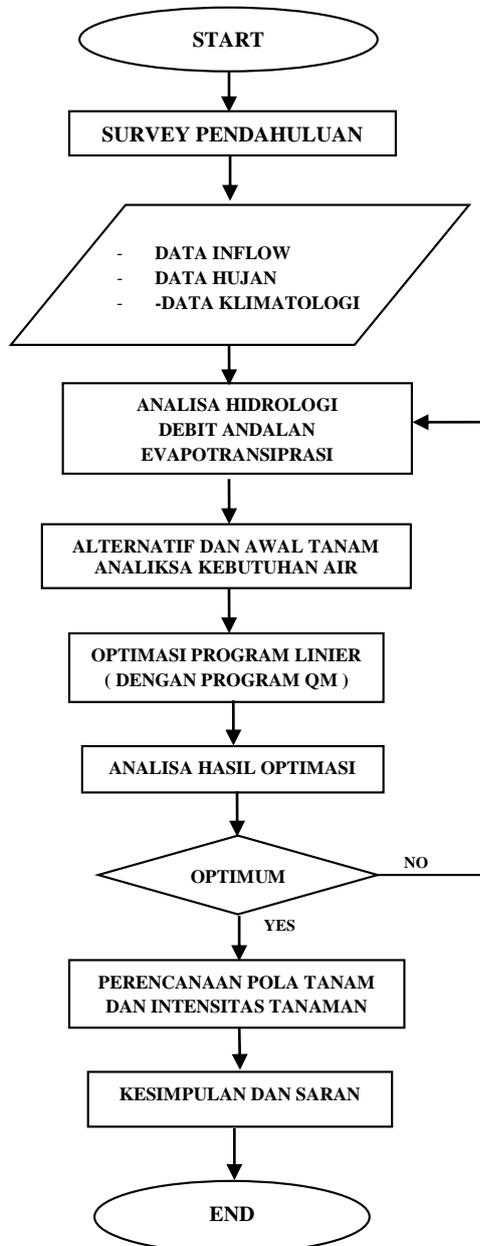
Rancangan Penelitian

Beberapa langkah yang dilakukan dalam menyusun tugas akhir ini adalah sebagai berikut

- Mengumpulkan data curah hujan harian selama 10 tahun yang terjadi di Daerah Irigasi Gong Gang.
- Menghitung debit andalan Sungai Gong Gang dalam kurun waktu 10 tahun.
- Mengumpulkan data klimatologi.

- Menghitung curah hujan efektif untuk masing-masing tanaman.
- Menghitung kebutuhan air untuk masing-masing tanaman.
- Membuat pola tanam
- Mengoptimalkan pola tanam yang sudah disusun dengan bantuan *software QM for Windows 4*.

Cara penelitian



HASIL DAN PEMBAHASAN

Debit Andalan

Debit andalan 80% ialah debit dengan kemungkinan terpenuhi 80% atau tidak

terpenuhi 20% dari periode waktu tertentu. Untuk menentukan kemungkinan terpenuhi atau tidak terpenuhi, debit yang sudah diamati disusun dengan urutan dari terbesar menuju terkecil. Secara empiris dirumuskan sebagai berikut :

$$m = 0,20 n$$

ket : m = tingkatan tak terpenuhi

n = jumlah tahun pengamatan

Contoh Perhitungan untuk data bulan Januari periode pertama :

- Meranking data debit intake bulanan dari yang terbesar sampai yang terkecil dari tahun 2005 sampai dengan tahun 2014
- Menghitung persentase kemungkinan tak terpenuhi

$$m = 0,20 n \Rightarrow 0,2 \times 10 = 2$$
 (peringkat 2 terbawah tak terpenuhi)

Dapat disimpulkan, dari data yang telah diurutkan dari yang terbesar sampai terkecil, karena 2 peringkat terbawah merupakan debit tak terpenuhi, diambil peringkat 3 terbawah sebagai nilai debit andalannya.

Contoh tahapan perhitungan debit andalan metode FJ. Mock untuk Bulan Januari periode 1 (15 harian) tahun 2008

- curah hujan rerata bulanan (P) = 81mm/hari
- Jumlah hari hujan (n) = 3hari
- Jumlah hari periode = 15 hari
- Evapotranspirasi (Ep) = 67,80 mm/15 hari
- Besarnya nilai lahan (m) untuk bulan Januari periode satu sebesar 30% (Daerah ladang pertanian , musim kemarau nilai lahan harus di besarkan sekitar 10% dari musim hujan)
- Koefisien infiltrasi (i) 0,1 tergantung kondisi porositas tanah dan kemiringan daerah pengaliran
- Faktor resesi aliran air (k) = 0,1
- $AE/EP = (m/20) \times (18 - n) = (30/20) \times (18 - 3) = 0,23 \%$
- Beda antara evapotranspirasi potensial dengan evapotranspirasi terbatas (E)

$$= E_{t0} \times (AE/EP) = 467,80 \times 0,23 = 15,26 \text{ mm}$$
- $E_{actual} = E_{t0} - E = 67,80 - 15,26 = 52,55 \text{ mm}$

- Water surplus (WS) = $P - Et = 81 - 52,55 = 28,46$ mm/hari
- Infiltrasi (I) = $i \times WS = 0,1 \times 28,46 = 2,85$ mm/hari
- $0,5 \times (1 + k) \times I = 0,5 \times (1 + 0,1) \times 2,85 = 1,57$ mm/hari
- $K \times V(n-1) = 0,1 \times (0,5 \times (1 + 0,1) \times 43,712 + 0,74742) = 2,47$
- Volume air tanah (Vn) = $(0,5 \times (1 + k) \times I) + (K \times V(n-1)) = 1,57 + 2,47 = 4,04$ mm/hari
- Perubahan volume air tanah (DVN) = $V_{n-1} - V_n = 4,04 - 6,5 = -2,46$ mm/hari
- Base flow (BF) = $I - DVN = 2,85 - (-2,46) = 5,31$ mm/bulan
- Direct Run off (DR) = $WS - I = 28,46 - 2,85 = 25,61$ mm/bln
- Aliran Langsung / Run off Balance (ROB) = $BF + DR = 5,31 + 26,61 = 30,92$ mm/hari
- Luas Das (A) = 191,36 Ha
- Debit sungai harian = $(A \times ROB \times 10^6) / (1.10^3 \times \text{jumlah hari} \times 24 \times 3600) = (191,36 \times 30,92 \times 10^6) / (10^3 \times 15 \times 24 \times 3600) = 4,56$ m³/dtk

Klimatologi dan Evaporasi Potensial

Berikut contoh perhitungan evaporasi potensial pada bulan Januari

Diketahui data-data pada bulan Januari sebagai berikut :

Lokasi = 6o Lintang Selatan

Suhu rata-rata(T)°C = 27,13 °C

Kelembaban Relatif (%) = 75,94 %

Lama Penyinaran matahari (%) = 47,50 %

Kecepatan angin (U) = 0,84 km/jam = 20,16 km/hari

- Langkah 1 : Mencari harga Tekanan Uap Jenuh (ea) (mbar) Dari data T = 27,13°C , didapat ea = 35,98 mbar
- Langkah 2 : Mencari harga tekanan uap nyata (ed)(mbar) ed = ea x RH = 35,98 x 75,94 % = 27,32 mbar
- Langkah 3 : Mencari harga Perbedaan Tekanan Uap air (ea - ed) (ea - ed) = 35,98 - 27,32 = 8,66 mbar
- Langkah 4 : Mencari harga fungsi Angin f(U) f(U) = 0,27 x (1 + U/100) = 0,32 km/hari
- Langkah 5 : Mencari harga faktor (W) dan (1-W)

Dari data T = 27,13°C, dan ketinggian rata-rata air laut = 0 m, maka didapat W = 0,76 dan (1-W) = 0,24

Langkah 6 : Mencari harga Radiasi extra terrestial (Ra (mm/hari)) Lokasi berada di 6^o LS, maka Ra = 15,80 mm/hari

- Langkah 7 : Mencari harga Radiasi gel. Pendek (Rs) Rs = (0,25 + 0,5*(n/N)) * Ra = (0,25 + 0,5 (47,50%)) 15,80 = 7,70mm/hari
- Langkah 8 : Mencari harga f(T) koreksi akibat temperature Dari data T = 27,13°C, maka didapat f(T) = 16,19
- Langkah 9 : Mencari harga f(ed) koreksi akibat tekanan uap nyata f(ed) = 0,34-0,044√ed = 0,34-0,044√27,32 = 0,11
- Langkah 10 : Mencari harga f(n/N) f(n/N) = (0,1 + 0,9*(n/N)) = 0,1 + 0,9(47,50%) = 0,53
- Langkah 11 : Mencari harga Radiasi netto Gelombang. Panjang (Rn1) Rn1 = f(T) * f(ed) * f(n/N) = 16,19 * 0,11 * 0,53 = 0,94 mm/hari
- Langkah 12 : Mencari harga Netto Gelombang Pendek (Rns) Rns = Rs (1 - α) = 7,70* (1-0,25) = 5,78 mm/hari
- Langkah 13 : Mencari harga Radiasi netto (Rn) Rn = Rns - Rn1 = 5,78 - 0,94 = 4,84 mm/hari
- Langkah 14 : Mencari harga Faktor koreksi (c) = 1,04 Eto = c { W. Rn + (1-W). f(u). (ea - ed) } = 1,04 { 0,76. 4,84 + (0,24). (0,32). (8,66) } = 4,52 mm/hari

Curah Hujan Efektif

Turunnya curah hujan pada suatu areal lahan mempengaruhi pertumbuhan tanaman di areal tersebut. Curah hujan tersebut dapat dimanfaatkan oleh tanaman untuk mengganti kehilangan air yang terjadi akibat evapotranspirasi, perkolasi, kebutuhan pengolahan tanah dan penyiapan lahan. Curah hujan efektif merupakan curah hujan yang jatuh pada suatu daerah dan dapat digunakan tanaman untuk pertumbuhannya. Jumlah hujan yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman tergantung pada jenis tanaman. Curah hujan efektif juga dapat dihitung berdasarkan data hujan yang tersedia dengan peluang keandalan

80%. Data berasal dari data curah hujan yang tercatat di stasiun hujan yang berdekatan / berada dalam cakupan areal irigasi tersebut. Data curah hujan harian yang tersedia ialah data hujan harian dari tahun 2006 sampai dengan tahun 2014 dari stasiun hujan GongGang. Data tersebut kemudian direkap menjadi data hujan 10 harian, setelah memperoleh data hujan periode 10 harian tersebut untuk masing - masing stasiun hujan selanjutnya dilakukan perhitungan curah hujan rata-rata. Salah satu cara perhitungan curah hujan rata-rata ini ialah dengan menggunakan rumus cara rata-rata aljabar dengan alasan, bahwa cara ini ialah obyektif yang berbeda dengan cara isohyet, dimana faktor subjektif turut menentukan (Sosrodarsono, Suyono : 1985).

Untuk perhitungan bulan dan tahun yang lain direkap dalam tabel 4.5. Setelah nilai hujan rata-rata diperoleh langkah selanjutnya ialah tahap perhitungan curah hujan efektif. Proses perhitungannya ialah sebagai berikut :

Contoh Perhitungan Curah Hujan Efektif Tahapan yang dilakukan sebagai berikut :

- Menghitung curah hujan rata - rata (tabel 4.5).
- Urutkan hasil hujan rata-rata tiap tahunnya dari urutan yang besar sampai yang terkecil.
- Menghitung $R_{80} = (n/5) + 1$, dimana $n =$ Jumlah data = 10, maka $R_{80} = (10/5) + 1 = 3$
- Dari 10 data hujan rata-rata yang telah diurutkan tersebut diambil urutan ke-3 dari urutan terkecil sebagai curah hujan R_{80} nya
- Menghitung R_e masing-masing tanaman dengan rumus :
 $R_{e \text{ padi}} = (R_{80} \times 70\%) / 10 \text{ mm/hari}$
 $R_{e \text{ tebu}} = (R_{80} \times 60\%) / 10 \text{ mm/hari}$
 $R_{e \text{ polowijo}} = (R_{80} \times 50\%) / 10 \text{ mm/hari}$

Pengolahan tanah dan penyiapan lahan

Faktor ini merupakan langkah pertama yang dibutuhkan oleh tanaman dalam mempersiapkan tanahnya untuk penanaman. Setiap jenis tanaman membutuhkan pengolahan tanah yang berbedabeda. Pengolahan tanah untuk padi membutuhkan air irigasi yang lebih banyak, karena padi akan memerlukan tanah dengan tingkat kejenuhan

yang baik dan dalam keadaan tanah yang lunak dan gembur. Pengolahan tanah ini dilakukan antara 20 sampai dengan 30 hari sebelum masa tanam. Minggu pertama sebelum kegiatan penanaman dimulai, petak sawah diberi air secukupnya untuk melunakkan tanahnya. Biasanya dilakukan dengan membajak atau mencangkul sawah. Kebutuhan air untuk pengolahan tanah dipengaruhi oleh proses evapotranspirasi potensial yang terjadi.

$$LP = M \cdot ek / (ek - 1)$$

Berikut contoh perhitungan pada bulan Januari :

$$E_o = E_{To} \times 1,10 = 4,52 \times 1,10 = 4,972 \text{ mm/hari}$$

$$P = 2 \text{ mm/hari}$$

$$M = E_o + P = 7,972 \text{ mm/hari}$$

Model Matematika Optimasi

Untuk memperoleh hasil yang efektif, dengan maksud mendekati kondisi kenyataan yang ada dengan metode yang dipakai maka analisa ini dilakukan dengan mengambil batasan yang mengacu pada persyaratan sesuai kondisi di lapangan sebagai berikut :

- Daerah Irigasi Gonggang seluas 2386 Ha, dianggap sebagian besar ditanami padi dengan luas maximum 1990 Ha sesuai dengan kondisi eksisting dan sebagian kecil ditanami jagung dan tebu.
- Untuk ketersediaan air yang akan digunakan untuk mengoptimasi luas lahan ialah dengan menjumlahkan volume andalan sungai sesuai dengan musim tanam sebagai berikut
- Kebutuhan air untuk irigasi tidak boleh melebihi kapasitas intake bendung. Kapasitas intake bendung Gonggang dianggap sama dengan debit intake minimum yaitu = 45.950.980 m³/musim.
- Model yang digunakan sebagai berikut :
 Maksimumkan :

$$Z = A \cdot X_{1a} + B \cdot X_{1b} + 0 \cdot X_{1c} + A \cdot X_{2a} + B \cdot X_{2b} + 0 \cdot X_{2c} + A \cdot X_{3a} + B \cdot X_{3b} + C \cdot X_{3c}, \text{ dimana :}$$

$Z =$ Nilai tujuan yang akan dicapai (maksimumkan keuntungan (Rp))

$A =$ Pendapatan produksi padi (Rp/Ha)

$B =$ Pendapatan produksi polowijo (Rp/Ha)

$C =$ Pendapatan produksi tebu (Rp/Ha)

$X_{1a} =$ Luasan areal tanam padi musim Hujan (Ha)

X1b= Luasan areal tanam polowijo musim Hujan (Ha)

X1c = Luasan areal tanam tebu musim Hujan (Ha)

X2a= Luasan areal tanam padi musim Kemarau I(Ha)

X2b = Luasan areal tanam polowijo musim Kemarau I (Ha)

X2c= Luasan areal tanam tebu musim Kemarau I (Ha)

X3a = Luasan areal tanam padi musim KemarauII (Ha)

X3b = Luasan areal tanam polowijo musim Kemarau II (Ha)

X3c= Luasan areal tanam tebu musim Kemarau II (Ha)

- Fungsi batasan yang digunakan sebagai berikut :

Luas Maksimum :

$$X1a + X1b + X1c \leq X_t$$

$$X2a + X2b + X2c \leq X_t$$

$$X3a + X3b + X3c \leq X_t$$

Keterangan :

X_t = Luasa total daerah irigasi Gonggang (= 2386 Ha)

Volume Andalan Sungai :

$$Vp1.X1a + Vj1.X1b + Vt1.X1c \leq Vs1$$

$$Vp2.X2a + Vj2.X2b + Vt2.X2c \leq Vs2$$

$$Vp3.X3a + Vj3.X3b + Vt3.X3c \leq Vs3$$

Keterangan :

V_{pi} = Kebutuhan air padi tiap musim (Lampiran)

V_{ji} = Kebutuhan air palawija tiap musim (Lampiran)

V_{ti} = Kebutuhan air tebu tiap musim (Lampiran)

V_{s1} = Volume andalan sungai pada musim Hujan = 94.893.120 m³

V_{s2} = Volume andalan sungai pada musim Kemarau I = 56.261.150 m³

V_{s3} = Volume andalan sungai pada musim Kemarau II = 18.052.960 m³

Tanaman Padi :

$$X1a \leq X_{pa}$$

$$X2a \leq X_{pa}$$

$$X3a \leq X_{pa}$$

$$X1c \geq X_{te}$$

$$X2c \geq X_{te}$$

$$X3c \geq X_{te}$$

$$X1c - X2c = 0$$

$$X2c - X3c = 0$$

Keterangan :

X_{pa} = Luas maximum tanaman padi yang disyaratkan (= 1990 Ha)

X_{te} = Luas minimum tanaman tebu yang disyaratkan (= 89 Ha)

Kapasitas Intake

$$Vp1.X1a + Vj1.X1b + Vt1.X1c \leq Q_b$$

$$Vp2.X2a + Vj2.X2b + Vt2.X2c \leq Q_b$$

$$Vp3.X3a + Vj3.X3b + Vt3.X3c \leq Q_b$$

Keterangan :

Q_b = Kapasitas Intake (= 45.950.976 m³)

(Contoh perhitungan untuk awal tanam nopember I)

Maksimumkan

$$Z = 14840750.X1a + 9312000.X1b +$$

$$814700.X1c + 14840750.X2a +$$

$$9312000.X2b + 8147000.X2c +$$

$$14840750.X3a + 9312000.X3b +$$

$$8147000.X3c$$

Persamaan Kendala :

- 16.943,04 X1a + 4415,04 X1b + 3870,72 X1c ≤ 94.983.120

- 18.083,52 X2a + 7732,2 X2b + 4933,44 X2c ≤ 56.261.152

- 16718,4 X3a + 6523,2X3b + 4898,88 X3c ≤ 18.052.956

- 16.943,04 X1a + 4415,04 X1b + 3870,72 X1c ≤ 45.950.976

- 18.083,52 X2a + 7732,2 X2b + 4933,44 X2c ≤ 45.950.976

- 16.718,4 X3a + 6523,2 X3b + 4898,88X3c ≤ 45.950.976

- X1a, X1b, X1c, X2a, X2b, X2c, X3a, X3b, X3c ≥ 0

Selanjutnya, persamaan –persamaan tersebut dimasukkan kedalam tabel simpleks untuk dilakukan iterasi. Sebagai alat bantu penyelesaian optimasi tersebut dapat juga dilakukan dengan menggunakan program bantu QM for Windows 2.

Dari hasil perhitungan *linear programming* tersebut diperoleh solusi optimum sebagai berikut :

Padi MH = 1990 ha

Polowijo MH = 307 ha

Tebu MH = 89 ha

Padi MKI = 1990 ha

Polowijo MKI = 307 ha

Tebu MKI = 89 ha

Padi MKII = 258,27ha

Polowijo MKII = 2.038,725 ha

Tebu MKII = 89 ha

Dari nilai luasan masing - masing tanaman yang sebelumnya dihitung dengan *QM for*

Windows tersebut dimasukkan ke persamaan tujuan maksimumkan

$$Z = 14840750.X1a + 9312000.X1b + 8147000.X1c + 14840750.X2a + 9312000.X2b + 8147000.X2c + 14840750.X3a + 9312000.X3b + 8147000.X3c$$

Sehingga dapat dihasilkan keuntungan produksi tanam sebesar =

Rp 106.729.700.000

Dari hasil optimasi diatas, didapat pola tanam sebagai berikut :

- Musim Hujan : Padi/Palawija/Tebu
- Musim Kemarau I : Padi/Palawija/Tebu
- Musim Kemarau II : Padi/Palawija/Tebu

Sehingga pola tanam Nopember II = Padi/Palawija/Tebu- Padi/Palawija/Tebu - Padi/Palawija/Tebu

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari pembahasan pada bab sebelumnya, antara lain:

- Dari data debit sungai Gonggang,dengan menggunakan perumusan empiris diperoleh debit andalan sungai dengan peluang keandalan 80% (Q80%).
- Dalam studi ini telah dicoba 4 alternatif awal tanam (Nopember I, Nopember II, Desember I dan Desember II). Dari alternatif-alternatif tersebut,dilakukan perhitungan kebutuhan air untuk tiap tanaman (padi, palawija dan tebu).
- Berdasarkan kebutuhan air dan debit andalan yang ada, telah dilakukan perhitungan untuk mencari luasan yang optimal dari tiap alternatif awal tanam. Dengan menggunakan program bantu *Quantity Methods for Windows 4* telah diperoleh luasan tiap tanaman yang dapat diairi selama 1 tahun sesuai dengan alternatif awal tanamnya masing-masing. Dari tabel 4.17 dapat dilihat besarnya luasan tanam dari tiap-tiap alternatif awal tanam. Luasan areal tanam yang dapat dilayani secara optimum adalah sebesar 7158 ha dengan intensitas tanam sebesar 300 % dengan masa awal tanam dimulai pada bulan Nopember dekade I.

- Keuntungan maksimum hasil usaha tani yang akan diperoleh selama setahun berdasarkan luasan optimalnya ialah sebesar Rp 106.729.700.000,- dengan pola tanam padi/palawija/tebu-padi/palawija/tebu- padi / palawija/tebu selama 1 tahun.

Saran

Adapun saran yang bisa diberikan berdasarkan hasil kesimpulan studi yang telah diperoleh antara lain sebagai berikut :

- Jika pola tanam hasil optimasi ini ingin diterapkan, pihak terkait, dalam hal ini adalah Balai PSAWS (Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai) Gong Gang - Magetan sebaiknya melakukan pendekatan terlebih dahulu kepada petani untuk mendapat persetujuan petani terkait perubahan pola tanam tersebut.
- Balai PSAWS Gong Gang - Magetan hendaknya juga memperhatikan dan meningkatkan pengelolaan dan pemeliharaan di lapangan seperti bangunan air dan saluran yang selama ini kurang diperhatikan karena dapat menghambat dan memperbesar kebutuhan air selama diperjalanan.
- Untuk mengetahui apakah hasil yang dicapai sudah benar-benar optimal, disarankan kepada mahasiswa lain yang ingin memperdalam lagi subjek ini untuk mencoba berbagai alternatif pola tanam yang lain dan dicocokkan dengan data kondisi lapangan yang terbaru

DAFTAR PUSTAKA

- Kementerian Pekerjaan Umum. 2010. *Kebijakan Umum, Teknis dan Perundang-undangan Bidang SDA*. Surabaya : Kementerian Pekerjaan Umum Pusat Pendidikan dan Pelatihan.
- Pengolahan SDA terpadu*. Surabaya : Kementerian Pekerjaan Umum Pusat Pendidikan dan Pelatihan.
- Undang-undang RI Nomor 7/2004 Tentang SDA, Penjelasan Tentang Undang-undang RI Nomor 7/2004, PP Nomor 20/2006 Tentang Irigasi*. Surabaya : Kementerian Pekerjaan Umum Pusat Pendidikan dan Pelatihan.

- Dasar-dasar Umum Pelaksanaan Pengolaan Sumber Daya Air*. Surabaya : Kementrian Pekerjaan Umum Pusat Pendidikan dan Pelatihan.
- Linsei Ray K dan Franzini Joseph . 1991, *Teknik Sumber Daya Air*, Erlangga , Surabaya
- Sudjarwadi. 1987. *Dasar Dasar Teknik Irigasi*, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Pasandara effendi dan C. Taylor Donald. 1984 . *IRIGASI Perencanaan dan Pengelolaan*, Gramadia, Jakarta

PENCIPTAAN INFORMASI KERUANGAN WAKTU MUSIM HUJAN DAN KEMARAU UNTUK MENGANTISIPASI BENCANA BANJIR DAN KEKERINGAN

Spatial Information Creation of Rainy and Dry Seasons Time to Anticipate Flood and Drought

Iskandar Muda Purwaamijaya

Kemristekdikti/ Program Studi Teknik Sipil-FPTK-Universitas Pendidikan Indonesia
email: ais_imp@yahoo.com ; aisiskandarmudap@gmail.com

Abstract

The study purpose (1) design a spatial information conceptual model during the rainy season and dry season to anticipate floods and droughts (2) create a functional model based conceptual model, (3) implement functional model. Solving the problem method is descriptive and analytical techniques used spatial analysis and matrix. The study conclusion (1) the conceptual model results matrix analysis concluded basic map that used to be a small-scale and refers to the raw information used BPLHD's, (2) the functional model results matrix analysis concludes the spatial information components number to be presented is the 8 components of point, four components of line, 8 components of polygon and 12 components of spatial information annotation, (3) the model implementation results matrix analysis produces unity polygon graphics information to the boundary of the village, sub-district, county, the provincial boundaries, bodies of water catchment areas, wind roses, land use stored in the record and file levels. Unity of graphic information point for the station rainfall and water bodiesthat is stored in the record and file levels. Unitary information line for a water body, isohyets, isobars and isotemp stored in the record and file levels.

Keywords: *information, spatial, rain, floods, droughts*

Abstrak

Tujuan penelitian (1) merancang model konseptual informasi keruangan waktu musim hujan dan kemarau untuk mengantisipasi bencana banjir dan kekeringan, (2) membuat model fungsional dari hasil permodelan konseptual, (3) mengimplementasikan permodelan fungsional. Metode pemecahan masalah adalah dengan deskriptif dan teknik analisis yang digunakan analisis keruangan dan matriks. Kesimpulan penelitian (1) model konseptual hasil analisis matrik menyimpulkan peta dasar yang digunakan harus berskala kecil (lingkup Provinsi Jawa Barat) dan merujuk pada informasi baku yang digunakan oleh BPLHD (Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Daerah), (2) model fungsional hasil analisis matriks menyimpulkan jumlah komponen informasi spasial yang harus disajikan adalah 8 komponen informasi spasial titik (point), 4 komponen informasi spasial garis (line), 8 komponen informasi spasial area (polygon) serta 12 komponen informasi spasial teks (annotation), (3) implementasi model hasil analisis matrik menghasilkan kesatuan informasi grafis polygon untuk batas desa, batas kecamatan, batas kabupaten, batas provinsi, badan air, catchment area, wind roses, landuse yang disimpan dalam tingkatan record dan file. Kesatuan informasi grafis point untuk stasiun curah hujan dan badan air yang disimpan dalam tingkatan record dan file. Kesatuan informasi line untuk badan air, isohyet, isobar dan isotemp yang disimpan dalam tingkatan record dan file.

Kata kunci: informasi, keruangan, hujan, kemarau, banjir, kekeringan

PENDAHULUAN

Bencana banjir dan kemarau disebabkan oleh curah hujan yang tinggi pada musim hujan dan curah hujan yang rendah pada musim kemarau. Antisipasi yang tepat

terhadap musim hujan dan kemarau dapat mengurangi dampak negatif bencana tersebut. Informasi keruangan dibutuhkan untuk memudahkan para pengambil keputusan, masyarakat dan pihak swasta mengantisipasi secara tepat, cepat, mudah

dan murah. Konsep penyajian informasi keruangan tentang waktu musim hujan dan kemarau untuk mengantisipasi bencana banjir dan kemarau dibutuhkan agar informasi keruangan yang dihasilkan dapat memenuhi kebutuhan para pengguna secara tepat. Fakta di lapangan menunjukkan banyak para pemangku kepentingan kesulitan memperoleh informasi keruangan waktu musim hujan dan kemarau secara cepat, tepat, mudah dan murah.

Pemberdayaan informasi keruangan waktu musim hujan dan kemarau untuk mengantisipasi bencana banjir dan kemarau harus didukung oleh suatu model fungsional untuk mengidentifikasi, menginventarisir dan mengurutkan detail-detail alam dan buatan manusia terhadap resolusi informasi. Kesalahan sistematis dan acak mungkin terjadi terhadap informasi keruangan waktu musim hujan dan kemarau jika permodelan fungsional tidak dilalui. Fakta di lapangan menunjukkan banyak para perancang informasi keruangan yang tidak melakukan tahap permodelan fungsional karena dianggap membuang waktu, tenaga dan biaya.

Implementasi informasi keruangan waktu musim hujan dan kemarau untuk mengantisipasi bencana banjir dan longsor melibatkan komponen-komponen perangkat keras (hardware), perangkat lunak (software), perangkat intelegensia (brainware) dan tenaga kerja (man power). Implementasi keruangan waktu musim hujan dan kemarau untuk mengantisipasi bencana banjir dan longsor membutuhkan suatu system kerja, pendanaan dan sumber daya manusia. Fakta di lapangan menunjukkan banyak para pengambil keputusan dan pemangku kepentingan menganggap informasi keruangan waktu musim hujan dan kemarau untuk mengantisipasi bencana banjir dan kemarau adalah suatu kegiatan yang sederhana dan tidak penting dan tidak membutuhkan suatu perencanaan yang matang.

Tujuan penelitian, yaitu :

- Merancang model konseptual informasi keruangan waktu musim hujan dan kemarau untuk mengantisipasi bencana banjir dan kekeringan,
- Membuat model fungsional dari hasil permodelan konseptual,

- Mengimplementasikan informasi keruangan waktu musim hujan dan kemarau untuk mengantisipasi bencana banjir dan kekeringan.

As-syakur, Nuarsa dan Sunarta (2013) melakukan kajian tentang Pemutakhiran Peta Agroklimat Klasifikasi Oldeman di Pulau Lombok dengan Aplikasi Sistem Informasi Geografi. Kajian menguraikan tentang pemutakhiran peta agroklimat klasifikasi Oldeman di Pulau Lombok berdasarkan data curah hujan terbaru. Metode yang digunakan adalah interpolasi atau ekstrapolasi yang ditindaklanjuti dengan proses overlay – tumpang tindih menggunakan aplikasi Sistem Informasi Geografi.

Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional – Badan Perencanaan Pembangunan Nasional Indonesia (BAPPENAS) (2014) menghasilkan Rencana Aksi Nasional – Adaptasi Perubahan Iklim (RAN-API) menyatakan bahwa Indonesia sebagai Negara kepulauan terbesar di dunia merupakan salah satu Negara yang paling rentan terhadap dampak negatif perubahan iklim. Model perubahan iklim memprediksi semua wilayah Indonesia akan mengalami kenaikan temperatur meliputi temperatur permukaan laut yang meningkatkan dan mengubah pola serta intensitas curah hujan yang akan meningkatkan risiko banjir dan kekeringan pada musim kemarau.

Wijayanto (2013) melakukan kajian penggunaan system informasi geografis untuk pertanian presisi. Hasil kajian menunjukkan penggunaan SIG dapat dikelompokkan dalam (1) penggunaan SIG untuk penilaian variabilitas, (2) penggunaan SIG sebagai database) pertanian presisi dan (3) penggunaan SIG untuk membuat rekomendasi (prescription).

Moreno, Goyette dan Beniston (2009) dalam artikelnya tentang Impact of climate change on snowpack in the Pyrenees : Horizontal spatial variability and vertical gradients melakukan permodelan ketebalan salju dari data seri di Pyrenees menggunakan data yang diturunkan dari model iklim wilayah HIRHAM pada dua saat periode tahun 1960-1990 dan dua scenario (SRES B2 dan A2) sampai dengan akhir abad ke 21 (2070-2100).

Craglia, Goodchild, Annoni, Camara, Gould, Kuhn, Mark, Masser, Maguire, Liang dan Parsons (2008) dalam artikel tentang

Next-Generation Digital Earth – A position paper from the Vespucci Initiative for the Advancement of Geographic Information Science menyatakan bahwa artikel merupakan keluaran dari cerminan kerjasama yang dilakukan oleh pemerintah, industry dan kalangan perguruan tinggi berdasarkan inisiatif Vespucci untuk perkembangan dan keberlanjutan ilmu informasi geografis.

Dobrowski, Abatzoglou, Greenberg dan Schladow (2009) dalam artikel tentang *How much influence does landscape-scale physiography have on air temperature in a mountain environment ?* menyatakan pola waktu dan ruang di sekitar lingkungan pegunungan sangat rumit untuk dikendalikan pada skala synoptic dan landscape system wilayah pegunungan. Pemahaman tentang besaran dan alam pada akibat samping physiographic memiliki implikasi praktis dan teori pada perkembangan serangkaian data temperature digunakan untuk penilaian ekosistem dan kajian dampak perubahan iklim pada wilayah yang memiliki permukaan yang rumit.

Willmott dan Matsuura (2006) dalam artikel tentang *On the use of dimensioned measures of error to evaluate the performance of spatial interpolators* menyatakan bahwa validasi melintang ruang (spatial cross-validation) dan statistik kesalahan nilai rata-rata (average-error statistics) dilakukan dengan pertimbangan berdasarkan kemampuan untuk menilai berbagai pilihan metode interpolasi ruang. Metodologi validasi melintang sederhana disajikan berikut tiga kemampuan relatifnya, statistik kesalahan digambarkan, yaitu kesalahan akar kuadrat nilai rata-rata (root-mean-square error) (RMSE), kesalahan absolut nilai rata-rata (the mean absolute error) (MAE) dan kesalahan bias nilai rata-rata (the mean bias error) (MBE) untuk menggambarkan kinerja cara interpolasi nilai

rata-rata (average interpolator performance) yang dilakukan.

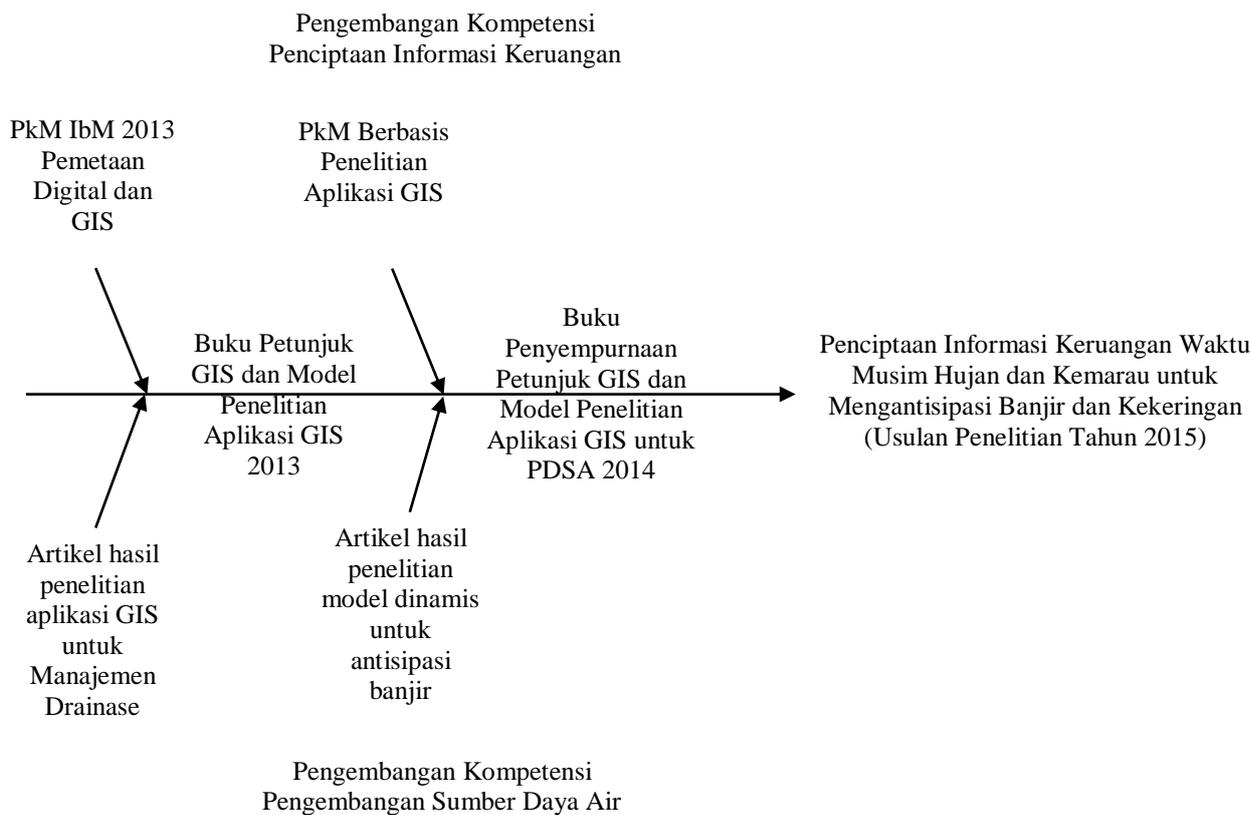
Montecinos, Godoy, Salinas, Astudillo dan Lopez (2013) dalam artikel tentang *Estimating Spatial Distribution of Air Temperature from Meteorological Stations Using Atmospheric Model* menyatakan bahwa kebutuhan prosedur perencanaan pertanian memasukkan perhitungan keadaan meteorologis. Kerapatan stasiun meteorologis kadang tidak cukup mencakup seluruh potensi lahan tanaman di suatu wilayah karena mahal dan berbiaya tinggi. Artikel menjelaskan tentang metodologi untuk memperkirakan temperatur cuaca rata-rata terbesar dan terkecil di wilayah perkebunan menggunakan daftar data pada suatu tanah atau pada stasiun meteorologis yang terbatas. Prosedur berdasarkan pada permodelan skala menengah yang mencakup peubah meteorologis terhadap persebaran dalam ruang data synoptic dan karakteristik lokal yang ditetapkan.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dari Bulan April 2015 sampai dengan Bulan November 2015 selama 8 bulan. Penelitian dilakukan di Kabupaten Bandung Provinsi Jawa Barat.

Metode penelitian dilakukan dengan metode deskriptif. Penahapan penelitian disajikan pada gambar 1 bagan alur penelitian (fishbone diagram)

Subjek penelitian adalah para dosen peneliti dari program studi Teknik Sipil FPTK UPI Bandung yang didukung para mahasiswa Teknik Sipil FPTK UPI yang sedang menyelesaikan tugas terstruktur mata kuliah Rekayasa Lingkungan, AMDAL dan Metodologi Penelitian, kerja praktek di bidang bangunan air dan tugas akhir/skripsi keteknikan bidangan pengembangan sumber daya air.



Gambar 1. Bagan Alur Penelitian (fishbone diagram)

Instrumen pengumpul data adalah lembar observasi kegiatan di lapangan, instrument pengukur curah hujan debit banjir serta instrument survey dan pemetaan.

Rancangan penelitian diawali dengan permodelan konseptual yang disusun dari hasil identifikasi kebutuhan para pengguna informasi keruangan di lapangan. Rancangan penelitian permodelan konseptual berbentuk matriks yang menginventarisasi informasi detail alam dan buatan manusia dalam ruang yang dibutuhkan dalam pengembangan sumber daya air pada resolusi skala kecil, sedang dan besar oleh instansi PSDA, BPN, BPLHD, BAPPEDA.

Rancangan penelitian dilanjutkan dengan permodelan fungsional yang diperoleh dari hasil permodelan konseptual. Rancangan penelitian permodelan fungsional berbentuk matriks yang memasukkan komponen-komponen prioritas berdasarkan urutan informasi detail alam dan buatan manusia dalam pengembangan sumber daya air terhadap informasi grafis (area, garis dan titik) serta informasi atribut (numeris, string, Boolean dan date).

Implementasi hasil permodelan fungsional yang berbentuk matriks berupa system penamaan dan lokasi tempat penyimpanan informasi dalam data base fisik (folder, file, record) pada tahap pemasukan data, pengolahan data dan pencetakan hasil analisis keruangan. Pemasukan data terdiri dari dua kegiatan, yaitu pekerjaan digitasi base map dan pemasukan data statistik ke dalam data base terkait dengan hasil digitasi peta. Pengolahan data berupa kegiatan analisis statistik deskriptif dan analisis keruangan berupa operasi overlay – tumpang tindih informasi dan pembuatan peta tematik titik dan area yang dibedakan dalam ukuran serta gradasi warna.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Permodelan Konseptual

Informasi-informasi yang dimuat dalam matrik model konseptual penciptaan informasi keruangan waktu musim hujan dan kemarau untuk mengantisipasi bencana banjir dan kekeringan dikelompokkan menjadi :

- Komponen informasi spasial, yang terdiri dari batas desa, batas kecamatan, batas kabupaten, batas provinsi, stasiun curah hujan, badan air, *catchment area*, isohyet, isotemp, isobar, *wind roses* dan *land use*. Komponen informasi spasial diperoleh dari standar-standar nasional dan internasional yang digunakan oleh lembaga-lembaga kompeten di dalam dan di luar negeri.
- Resolusi informasi spasial, yang terdiri dari skala kecil, skala sedang dan skala besar. Resolusi informasi spasial diperoleh dari standar-standar nasional dan internasional yang digunakan oleh lembaga-lembaga kompeten di dalam dan di luar negeri.
- Pengguna informasi spasial, yang terdiri dari BPS (Badan Pusat Statistik) Provinsi Jawa Barat, BAPEDA (Badan Perencana Daerah) Provinsi Jawa Barat, BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika) Provinsi

Jawa Barat dan BPLHD (Badan Pengendali Lingkungan Hidup Daerah) Provinsi Jawa Barat. Pengguna informasi spasial diperoleh dari tahap awal pembangunan data base spasial musim hujan dan kemarau, yaitu identifikasi kebutuhan pengguna informasi keruangan waktu musim hujan dan kemarau untuk mengantisipasi bencana banjir dan kekeringan.

Permodelan konseptual dibuat untuk memperoleh informasi resolusi peta dasar (*base map*) yang akan digunakan serta lembaga terpilih yang paling mengakomodasi komponen informasi spasial terbanyak menyajikan informasi keruangan waktu musim hujan dan kemarau untuk mengantisipasi bencana banjir dan kekeringan. Matrik model konseptual penciptaan informasi keruangan waktu musim hujan dan kemarau untuk mengantisipasi bencana banjir dan kekeringan disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Matriks model konseptual penciptaan informasi keruangan waktu musim hujan dan kemarau untuk mengantisipasi bencana banjir dan kekeringan (rancangan)

Komponen Informasi Spasial	Resolusi			Pengguna Informasi			
	Skala kecil	Skala sedang	Skala besar	BPS Provinsi	BAPEDA Provinsi	BMKG Provinsi	BPLHD Provinsi
Batas Desa	-	√	√	-	-	-	√
Batas Kecamatan	√	√	-	√	√	√	√
Batas Kabupaten	√	√	-	√	√	√	√
Batas Provinsi	√	-	-	√	√	√	√
Stasiun Curah Hujan	√	√	√	-	-	√	√
Badan Air	√	√	√	-	√	√	√
Catchment Area	√	-	-	-	√	√	√
Isohyte	√	√	-	-	√	√	√
Isobar	√	√	-	-	√	√	√
Isotemp	√	√	-	-	√	√	√
Windroses	√	√	-	-	√	√	√
Landuse	√	√	√	-	√	√	√
Jumlah	11	10	4	3	10	11	12

Kesimpulan : Peta dasar (*base map*) berskala (resolusi) kecil dan detail BPLHD

Hasil Permodelan Fungsional

Informasi-informasi yang dimuat dalam matrik model fungsional penciptaan informasi keruangan waktu musim hujan dan kemarau untuk mengantisipasi bencana banjir dan kekeringan dikelompokkan menjadi :

- Komponen informasi spasial, yang terdiri dari batas desa, batas kecamatan, batas kabupaten, batas provinsi, stasiun

curah hujan, badan air, *catchment area*, isohyet, isotemp, isobar, *wind roses* dan *land use*. Komponen informasi spasial diperoleh dari standar-standar nasional dan internasional yang digunakan oleh lembaga-lembaga kompeten di dalam dan di luar negeri.

- Kesatuan informasi grafis, yang terdiri dari titik (*point*), garis (*line*), area (*polygon*) dan teks (*annotation*). Kesatuan informasi grafis diperoleh dari

referensi-referensi tentang GIS (*geographic information system*) yang bersumber dari dalam dan luar negeri.

Permodelan konseptual dibuat untuk memperoleh informasi jumlah informasi grafis titik, garis, area dan teks yang digunakan untuk menyajikan komponen

informasi keruangan waktu musim hujan dan kemarau untuk mengantisipasi bencana banjir dan kekeringan. Matrik model fungsional penciptaan informasi keruangan waktu musim hujan dan kemarau untuk mengantisipasi bencana banjir dan kekeringan disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Matriks model fungsional penciptaan informasi keruangan waktu musim hujan dan kemarau untuk mengantisipasi bencana banjir dan kekeringan (rancangan)

Komponen Informasi Spasial	Kesatuan Informasi Grafis			
	Titik (point)	Garis (line)	Area Polygon	Teks annotation
Batas Desa	√	-	√	√
Batas Kecamatan	√	-	√	√
Batas Kabupaten	√	-	√	√
Batas Provinsi	√	-	√	√
Stasiun Curah Hujan	√	-	-	√
Badan Air	√	√	√	√
Catchment Area	√	-	√	√
Isohyte	-	√	-	√
Isobar	-	√	-	√
Isotemp	-	√	-	√
Windroses	-	-	√	√
Landuse	√	-	√	√
Jumlah	8	4	8	12

Hasil Implementasi

Matrik implemetasi penciptaan informasi keruangan waktu musim hujan dan kemarau untuk mengantisipasi bencana banjir dan kekeringan dikelompokkan menjadi informasi grafis dan atribut/teks. Informasi-informasi grafis yang dimuat dalam matrik implementasi penciptaan informasi keruangan waktu musim hujan dan kemarau untuk mengantisipasi bencana banjir dan kekeringan dikelompokkan menjadi :

- Komponen informasi spasial, yang terdiri dari batas desa, batas kecamatan, batas kabupaten, batas provinsi, stasiun curah hujan, badan air, *catchment area*, isohyet, isotemp, isobar, *wind roses* dan *land use*. Komponen informasi spasial diperoleh dari standar-standar nasional dan internasional yang digunakan oleh lembaga-lembaga kompeten di dalam dan di luar negeri.
- Kesatuan informasi tahap pemasukan data, proses data dan keluaran yang terdiri dari *polygon* untuk batas desa, batas kecamatan, batas kabupaten, batas provinsi, badan air, *catchment area*,

wind roses dan *land use*. *Line* untuk badan air, isohyet, isobar dan isotemp. *Point* untuk badan air. Kesatuan informasi diperoleh dari referensi-referensi tentang GIS (*geographic information system*) yang bersumber dari dalam dan luar negeri.

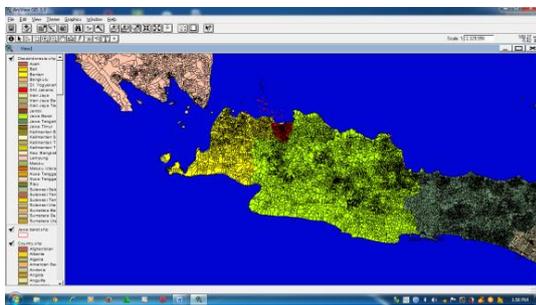
- Tingkat penyimpanan tahap pemasukan data, proses data dan keluaran yang terdiri dari *record* dan *file* untuk batas desa, batas kecamatan, batas kabupaten, batas provinsi, stasiun curah hujan, badan air, *catchment area*, isohyet, isobar, isotemp, *wind roses* dan *land use*. Tingkat penyimpanan diperoleh dari referensi-referensi tentang GIS (*geographic information system*) yang bersumber dari dalam dan luar negeri.

Informasi-informasi atribut/teks yang dimuat dalam matrik implementasi penciptaan informasi keruangan waktu musim hujan dan kemarau untuk mengantisipasi bencana banjir dan kekeringan dikelompokkan menjadi :

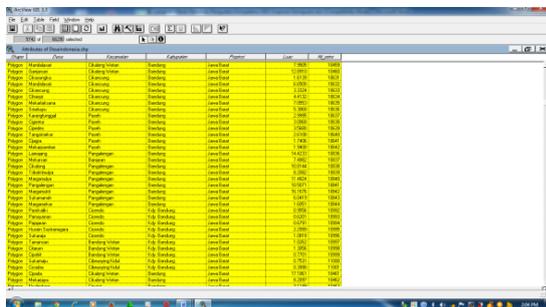
- Komponen informasi spasial, yang terdiri dari batas desa, batas kecamatan, batas kabupaten, batas provinsi, stasiun

curah hujan, badan air, *catchment area*, isohyet, isotemp, isobar, *wind roses* dan *land use*. Komponen informasi spasial diperoleh dari standar-standar nasional dan internasional yang digunakan oleh lembaga-lembaga kompeten di dalam dan di luar negeri.

- Jenis-jenis atribut tahap pemasukan data, proses data dan keluaran yang terdiri dari *number* (angka-angka), *string* (teks), *date* (tanggal) dan *Boolean* (biner) untuk batas desa, batas kecamatan, batas kabupaten, batas provinsi, stasiun curah hujan, badan air, *catchment area*, isohyet, isobar, isotemp, *wind roses* dan *land use*. Jenis-jenis atribut diperoleh dari referensi-referensi tentang GIS (*geographic information system*) yang bersumber dari dalam dan luar negeri.



Gambar 2. Peta Desa, Kecamatan, Kabupaten dan Provinsi Hasil Digitasi



Gambar 3. Database Desa, Kecamatan, Kabupaten, Provinsi Hasil Geocode dan Input Data

Pembahasan Permodelan Konseptual

Hasil permodelan konseptual menunjukkan bahwa peta dasar (*base map*) yang digunakan untuk konversi data analog menjadi data digital adalah peta dasar skala kecil (resolusi kecil) yang ruang lingkup

wilayahnya adalah Provinsi Jawa Barat. Informasi-informasi grafis dan atribut yang akan digunakan mengacu pada standar yang digunakan oleh BPLHD (Badan Pengendali Lingkungan Hidup Daerah).

Pembahasan Permodelan Fungsional

Hasil permodelan fungsional menunjukkan bahwa ada 12 informasi spasial yang harus disajikan pada peta-peta tematik musim hujan dan musim kemarau untuk mengantisipasi bencana banjir dan kekeringan. Informasi grafis titik yang disajikan sebanyak 8 buah, informasi garis sebanyak 4 buah, informasi area sebanyak 8 buah dan informasi teks sebanyak 12 buah. Informasi tematik disimpan pada posisi titik, *centroid* area, segmen garis di sisi kiri dan kanan, penyajian teks sejajar/*center*/*atas*/*bawah*/*kiri*/*kanan* *features*.

Pembahasan Implementasi

Hasil implementasi menunjukkan jenis informasi grafis yang digunakan meliputi *point*, *line* dan *polygon* untuk menyajikan peta-peta tematik musim hujan dan musim kemarau untuk mengantisipasi bencana banjir dan kekeringan serta disimpan pada tingkat *record* dan *file*. Informasi atribut yang digunakan meliputi *number*, *string*, dan *date* untuk menyajikan peta-peta tematik musim hujan dan kemarau untuk mengantisipasi bencana banjir dan kekeringan. Informasi *number*, *string* dan *date* digunakan untuk 12 komponen informasi spasial, yaitu : batas desa, batas kecamatan, batas kabupaten, batas provinsi, stasiun curah hujan, badan air, *catchment area*, isohyet, isobar, isotemp, *wind roses* dan *land use*.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- Model konseptual yang dihasilkan memudahkan peneliti memilah komponen-komponen informasi keruangan (grafis dan tekstual) yang harus dikumpulkan dan dikonversi dari data analog menjadi data digital.
- Model fungsional yang dihasilkan mempermudah para operator memilih jenis-jenis informasi keruangan (grafis

dan atribut) yang akan digunakan untuk setiap komponen informasi keruangan.

- Model implementasi yang dihasilkan mempermudah para pembuat program menghasilkan system informasi keruangan musim hujan dan kemarau untuk mengantisipasi bencana banjir dan kekeringan terkait dengan nama file, jenis informasi (grafis dan atribut) serta tempat penyimpanan informasi.

Saran

- SOP dan flow chart untuk perancangan model konseptual perlu dibuat untuk membantu para pelaksana dalam menghasilkan model konseptual yang tepat guna dan berhasil guna.
- SOP dan flow chart untuk menghasilkan model fungsional yang mampu mengakomodasi model konseptual harus dibuat agar model fungsional konsisten dengan model konseptualnya serta tidak menyimpang terhadap rambu-rambu model konseptualnya.
- Manual implementasi penyajian informasi keruangan musim hujan dan kemarau untuk mengantisipasi bencana banjir dan kekeringan perlu disosialisasikan kepada para pelaksana pengembang system informasi keruangan yang mengacu pada model konseptual dan model fungsionalnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alisjahbana, A.S. 2014. *Rencana Aksi Nasional Adaptasi Perubahan Iklim*. Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional / Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. Jakarta.
- As-syakur, A.R., I.W. Nuarsa dan I.N. Sumarta. 2011. *Pemutakhiran Peta Agroklimat Klasifikasi Oldeman di Pulau Lombok dengan Aplikasi Sistem Informasi Geografi*. Prosiding Penelitian Masalah Lingkungan di Indonesia 2010: 79-87. Universitas Udayana. Bali.
- Craglia, M., M.F.Goodchild, A. Annoni, G. Camara, M. Gould, W. Kuhn, D. Mark, I. Masser, D. Maguire, S. Liang and E. Parsons. 2008. *Next-Generation Digital Earth. A position paper from the Vespucci Initiative for the Advancement of Geographic Information Science*. International Journal of Spatial Data Infrastructures Research. Volume 3. 146-167. DOI: 10.2902/1725-0463.2008.03.art9.
- Dobrowski, S.Z., J.T. Abatzoglou, J.A. Greenberg and S.G. Schladow. 2009. *How much influence does landscape-scale physiography have on air temperature in a mountain environment ?*. International Journal of Agricultural and Forest Meteorology 149 (2009) 1751-1758. C 2009 Elsevier B.V. All rights reserved. Doi:10.1016/j.agroformet.2009.06.006.
- Lopez-Moreno, J.I., S. Goyette and M.Beniston. 2009. *Impact of climate change on snowpack in the Pyrenees: Horizontal spatial variability and vertical gradients*. Journal of Hydrology 374 (2009) 384-396. C 2009 Elsevier B.V, All rights reserved. Doi:10.1016/j.jhydrol.2009.06.049.
- Montecinos, S., L.Bascunan-Godoy, P. Salinas, O. Astudillo and D. Lopez. 2013. *Estimating Spatial Distribution of Air Temperature from Meteorological Stations Using Atmospheric Model*. Journal of Agricultural Science; Volume 5, No 2; 2013. ISSN 1916-9752 E-ISSN 1916-9760. Published by Canadian Center of Science and Education.
- Wijayanto, Y. 2013. *Kajian Penggunaan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk Pertanian Presisi*. Fakultas Pertanian Universitas Jember.
- Willmott, C.J., and K. Matsura. 2006. *On the use of dimensioned measures of error to evaluate the performance of spatial interpolators*. International Journal of Geographical Information Science Volume 20, No 1, January 2006, 89-102. ISSN 1365-8816 print/ISSN 1362-3087 online c 2006 Taylor & Francis.DOI:10.1080/13658810500286976.

ANALISA BOK (BIAYA OPERASI KENDARAAN) *SHUTTLE SERVICE* RUTE BANDUNG – JAKARTA SELATAN

Analysis Vehicles Operating Cost of Shuttle Service Route Bandung – Jakarta

Juang Akbardin¹, Andri Eka Putra²

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil, FPTK, Universitas Pendidikan Indonesia
Jl. Setiabudi No. 229 Bandung
Email: akbardien@yahoo.co.id

Abstract

The opening of the toll road Cipularang provide opportunities for business people open a travel service (shuttle service) “point to point” are scattered in several points in Bandung. Another phenomenon occurs on the field gap between the performance of the travel services to the satisfaction of passengers. This, prompted the authors to conduct a study of the level of analytic of vehicle operating cost for services of travel. Due to limited funds, manpower, and time, the scope of this final study is limited to the South Jakarta – Bandung route. In this study using quantitative methods with descriptive analysis techniques. The data used were obtained from the results of a questionnaire survey / questionnaire and interview. The sampling technique is Probability Sampling is done using simple random sampling method with a sample of 390 respondents taken as users travel (shuttle service) Bandung- South Jakarta route. Data analysis using the method of Importance Performance Analysis. Based on the analysis, a gap in variable costs, travel time, and travel itineraries. Variable costs and passenger safety is still not good and a top priority for improvement.

Keywords: *vehicle operating cost, performance, travel.*

Abstrak

Dibukanya jalan tol Cipularang memberi peluang bagi para pebisnis membuka layanan travel (*shuttle service*) “point to point” yang tersebar di beberapa titik di Bandung. Fenomena lain di lapangan terjadi kesenjangan/gap antara kinerja pelayanan travel (*shuttle service*) dengan kepuasan penumpang. Hal ini, mendorong penulis untuk melakukan penelitian terhadap tingkat kepuasan penumpang atas layanan jasa travel. Karena keterbatasan dana, tenaga, dan waktu, maka lingkup studi Tugas Akhir ini dibatasi pada rute Bandung-Jakarta Selatan. Pada penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan teknik analisis deskriptif. Data yang digunakan diperoleh dari hasil survei kuesioner/angket dan wawancara. Teknik sampling yang dilakukan adalah *Probability Sampling* menggunakan metode *Simple Random sampling* dengan jumlah sampel yang diambil sebanyak 390 responden pengguna jasa travel (*shuttle service*) rute Bandung-Jakarta Selatan. Analisis data penelitian menggunakan metode *Importance Performance Analysis*. Berdasarkan hasil analisis, terjadi kesenjangan pada variabel biaya, waktu tempuh, dan jadwal perjalanan. Variabel biaya dan keselamatan penumpang masih kurang baik dan menjadi prioritas utama untuk ditingkatkan.

Kata kunci : BOK, kinerja, travel.

PENDAHULUAN

Hadirnya angkutan travel (*shuttle service*) memberikan alternatif pilihan bagi penumpang sesuai dengan tujuan perjalanan. Fenomena lain di lapangan terjadi kesenjangan/gap antara kinerja pelayanan travel (*shuttle service*) dengan kepuasan penumpang.

Hal ini, mendorong penulis untuk melakukan penelitian terhadap Biaya Operasi Kendaraan travel (*shuttle service*) yang

melayani rute Bandung-Jakarta Selatan yang ada di Kota Bandung.

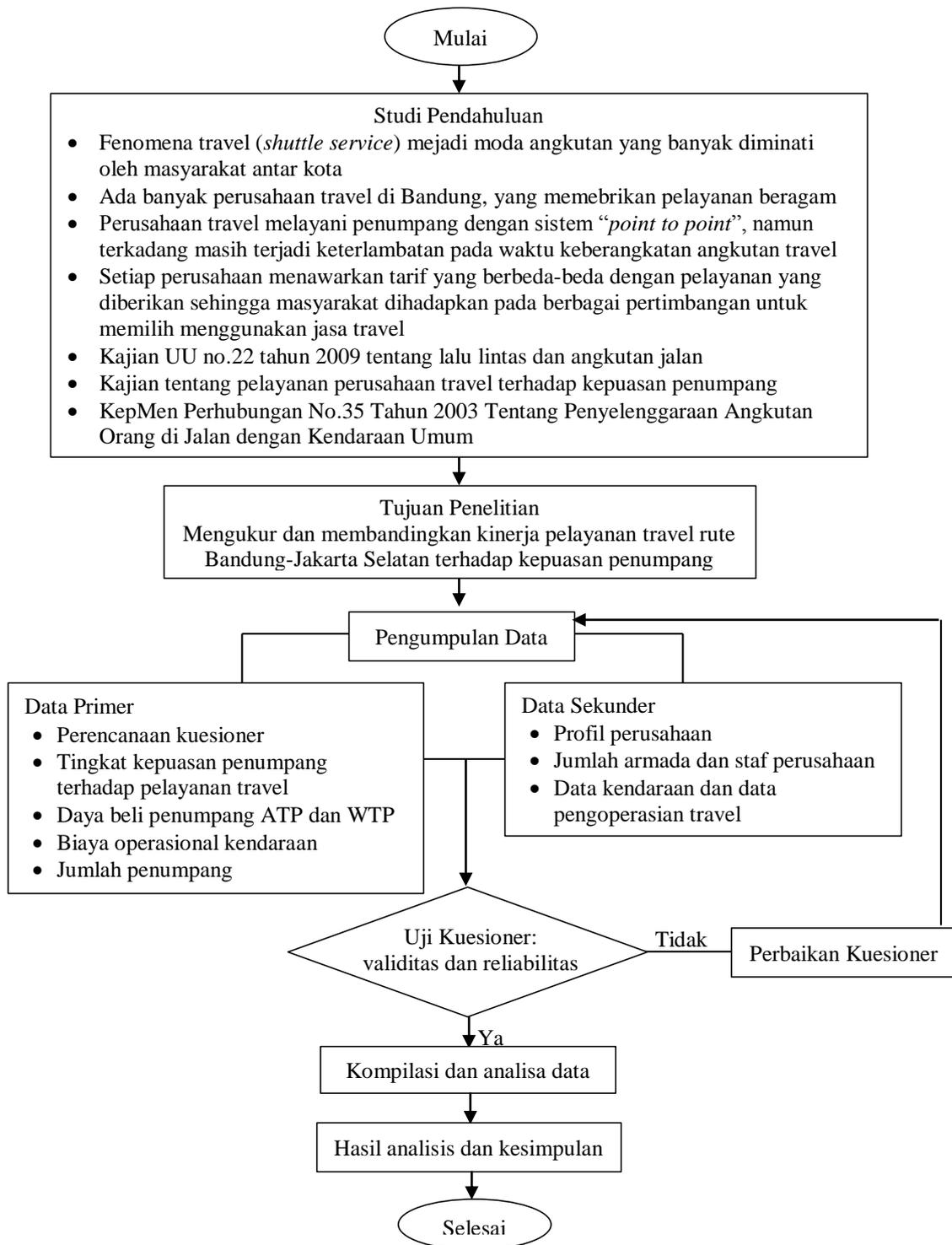
Tujuan yang hendak dicapai dari penelitian ini adalah Menghitung biaya operasional kendaraan perusahaan travel (*shuttle service*) rute Bandung-Jakarta Selatan dalam menentukan besarnya tarif travel (*shuttle service*) yang sesuai dengan kemampuan dan kemauan konsumen pengguna jasa angkutan travel (*shuttle service*) rute Bandung-Jakarta Selatan PP.

Biaya Operasi Kendaraan di definisikan sebagai pengorbanan dalam bentuk barang atau jasa yang diperlukan untuk menghasilkan jasa angkutan (F.D Hobbs, 1995). Perhitungan analisis BOK menggunakan analisis teoritis, yang artinya perhitungan dilakukan berdasarkan rumus empiris yang umum digunakan dengan menggunakan data sekunder. Perhitungan ini

berdasarkan pada aturan Dinas Perhubungan Darat.

METODE PENELITIAN

Untuk mempermudah dan memberikan arah pada penelitian, maka dilakukan langkah-langkah penelitian sebagai berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode kuantitatif yaitu metode penelitian yang menggunakan kuisioner sebagai alat untuk mengumpulkan data primer dengan mengambil sampel dari sebuah populasi.

Teknik analisis yang digunakan pada penelitian ini adalah statistik deskriptif . Alasan peneliti menggunakan metode statistik deskriptif karena dalam melaksanakan penelitian di travel (*shuttle service*) rute Bandung-Jakarta Selatan peneliti menggambarkan mengenai suatu kejadian atau fenomena yang terjadi di travel (*shuttle service*) rute Bandung-Jakarta

Selatan pada masa sekarang, kemudian tidak melakukan pengujian hipotesis, peneliti mengambil data dari travel (*shuttle service*) rute Bandung-Jakarta Selatan yang benar-benar representatif dan data tersebut mewakili objek penelitian.

Karena keterbatasan dana, tenaga, dan waktu, maka pada Tugas Akhir ini lingkup studi dibatasi pada rute Bandung-Jakarta Selatan. Adapun perusahaan travel (*shuttle service*) yang melayani rute perjalanan Bandung-Jakarta Selatan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Daftar Seluruh Perusahaan Travel (*shuttle service*) Bandung-Jakarta Selatan

No	Nama Perusahaan	Alamat	Jml Kend	Nama Travel
1.	PT. Cipaganti Citra Graha	Jl. Gatot Subroto, Bandung	262	Cipaganti
2.	PT. Batara Titian Kencana	Jl. Cihampelas Bandung	110	X – Trans
3.	PT. Day Trans	Jl. Cihampelas	70	Daytrans
4.	PT. Nurrahmadi Bersama	Jl. Surapati	60	Baraya
5.	CV. Citra Tiara Transport	Jl. Dipati Ukur No. 53	75	City Trans
JUMLAH			577	

Sumber : Dinas Perhubungan Darat Kota Bandung

Berdasarkan Tabel di atas, di kota Bandung terdapat 5 perusahaan jasa travel (*shuttle service*) yang melayani rute perjalanan Bandung-Jakarta Selatan. Dari 5 perusahaan travel tersebut penelitian hanya dilakukan pada 3 perusahaan jasa travel saja dikarenakan 2 perusahaan travel lainnya tidak dimungkinkan untuk diteliti karena pihak perusahaan tersebut tidak memberikan izin untuk penelitian dan pengambilan data. Adapun 3 perusahaan jasa travel yang dapat diteliti, dapat dilihat pada tabel 2.

Teknik sampling yang dilakukan adalah *Probability Sampling*. Pengambilan sampel menggunakan metode *Simple Random sampling*. Besarnya populasi penumpang travel pada bulan Juni sebanyak 4356 orang, sehingga untuk mengetahui besarnya sampel yang diambil dengan menggunakan teknik Solvin (Sugiyono, 2012) sebagai berikut:

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2}$$

Keterangan :

- n = Jumlah Sampel
- N = Jumlah Populasi
- e =Tingkat kesalahan yang ditolerir (diambil sebesar 5%)

Tabel 2. Daftar Travel (*shuttle service*) Bandung-Jakarta Selatan Yang Diteliti

No	Nama Travel	Alamat di Bandung	Alamat di Jakarta Selatan
1.	Cipaganti Travel	Jl. Cipaganti No. 84 – Bandung	Jl. Prof. Dr. Supomo No. 50, Pancoran – Jakarta Selatan
2.	X – Trans Travel	Hotel De Batara Jl. Cihampelas No. 112 – Bandung	Jalan RS. Fatmawati No. 14B, Fatmawati – Jakarta Selatan
3.	Day Trans Travel	Jl. Cihampelas – Bandung	Jl. MT. Haryono Kav. 18 Tebet - Jakarta Selatan

Sumber : Dinas Perhubungan Darat Kota Bandung

Maka besarnya sampel untuk penelitian ini adalah :

$$n = \frac{4356}{1 + (4356 \times 0,05^2)}$$

$$n = 366,36$$

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini merupakan komponen pelayanan yang dapat diturunkan dari dimensi pelayanan sebagai berikut :

- Biaya perjalanan;
- Waktu tempuh perjalanan;
- Jadwal perjalanan;
- Kenyamanan pelayanan;
- Kompetensi pengemudi;
- Kelayakan armada;
- Keamanan dan keselamatan.

Selanjutnya dilakukan uji kuesioner untuk mengetahui apakah kuesioner mudah dipahami atau tidak oleh responden dengan cara diuji cobakan kepada calon penumpang sebelum pelaksanaan penelitian. Uji kuesioner terdiri dari uji validitas dan uji reliabilitas.

Pada tahap analisis data dilakukan dengan analisis statistik menggunakan metode *Importance Performance Analysis* dan uji sensitifitas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Biaya Operasi Kendaraan (BOK)

Rekapitulasi Biaya Per Seat-KM

- Biaya langsung

Biaya penyusutan	= Rp. 28,97
Bungan modal	= Rp. 0,00
Biaya awak kendaraan/mobil	= Rp. 38,47
Biaya BBM	=Rp. 101,85
Biaya ban	= Rp. 45,00
Biaya pemeliharaan	= Rp. 51,19
Biaya (STNK)	= Rp. 1,34
Biaya KIR	= Rp. 0,212
Biaya asuransi kendaraan	= Rp. 4,53
Biaya AC Kendaraan	= <u>Rp. 2,00</u> +
Jumlah	=Rp. 273,56
- Biaya tidak langsung = Rp. 28,35

- Total Biaya Per Penumpang
 = Rp. 301,91 / seat – km

ATP dan WTP Penumpang Travel

Dari hasil perhitungan biaya operasional kendaraan travel rute Bandung-Jakarta Selatan dengan jarak tempuh kurang lebih 180 km, diperoleh besarnya biaya pokok per kendaraan per km senilai Rp. 301,91, sedangkan tarif resmi yang berlaku saat ini adalah senilai Rp. 555,56/seat-km. Maka selisih antara biaya pokok dengan tarif resmi yang berlaku saat ini kurang lebih 45,6%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan analisis data pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan terkait dengan kepuasan penumpang travel (*shuttle service*) rute Bandung-Jakarta Selatan PP sebagai berikut :

- Berdasarkan hasil perhitungan BOK yang dilakukan pada bab 4 diperoleh besarnya biaya langsung per penumpang per seat-km sebesar Rp. 273,56 dan biaya tidak langsung per penumpang per seat-km sebesar Rp. 28,35. Sehingga total biaya per penumpang yakni biaya langsung ditambah biaya tidak langsung hasilnya sebesar Rp. 301,91/seat-km. Dengan tarif resmi yang berlaku saat ini sebesar Rp. 555,56/seat-km, maka selisih antara biaya pokok dengan tarif resmi yang berlaku saat ini kurang lebih 45,6%. Hal ini menunjukkan nilai tarif resmi saat ini terlalu mahal.
- Berdasarkan grafik ATP dan WTP pada bab 4, diperoleh nilai tarif alternatif berdasarkan pada kondisi ATP dan WTP yang sama yakni sebesar Rp. 405,71/seat-km. Nilai tarif ini sama dengan nilai tarif yang diperoleh dari grafik keseimbangan biaya transportasi dan volume perjalanan.

Saran

Berdasarkan analisis data dan kesimpulan yang telah dijelaskan, maka perlu adanya saran/masukan untuk perusahaan travel (*shuttle service*) rute Bandung-Jakarta PP dalam meningkatkan kinerja pelayanannya adalah perlu adanya perhitungan ulang mengenai tarif/biaya perjalanan yang merujuk pada aturan yang dikeluarkan oleh Dinas Perhubungan Darat mengenai ketentuan biaya operasional kendaraan. Hal ini berhubungan dengan besarnya tarif travel saat ini yang dianggap oleh beberapa penumpang masih terlalu mahal dan tidak sesuai dengan harapan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abubakar, dkk. (1997). *Menuju Lalu Lintas dan Angkutan Jalan yang Tertib (Edisi yang disempurnakan)*. Direktorat Jenderal Perhubungan Darat: Jakarta.
- Arikunto. (2008). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Karya.
- Dinas Perhubungan Darat Kota Bandung. (2009). "Undang-undang Peraturan Pemerintah tentang Angkutan Jalan No. 22 tahun 2002"[Online]. Tersedia :http://dishub.jabarprov.go.id/doc/pp/p_p_no_22_tahun_2009.pdf [04 Maret 2014].
- Eka, Pratiwi. (2011). *Analisis Tingkat Kepuasan Penumpang Atas Kualitas Pelayanan Travel Kartika Semarang*. Tugas akhir pada program sarjana Teknik Sipil, Universitas Diponegoro Semarang: Tidak Diterbitkan.
- Furqon. (2011). *Statistik Terapan untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- Hobbs, F.D. (1995). *Traffic Planning and Engineering 2nd Edition*. England: Headingtown Hill Hall Oxford OX3 OBW.
- Kamaluddin, Rustian. (2003). *Ekonomi Transportasi*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Keputusan Menteri Perhubungan Republik Indonesia nomor 35/MenHub/Kep/I/2003 tentang Penyelenggaraan Angkutan Orang di Jalan dengan Kendaraan Umum.
- Kuncoro, Mudrajad. (2001). *Metode Kuantitatif: Teori dan Aplikasi untuk Bisnis dan Ekonomi*. Yogyakarta: UPP/AMP YKPN.
- Morlok, K, Edward. (1984). *Introductions to Transportation Engineering and Planning*. Diterjemahkan oleh Kelanaputra, Johan. tahun 1991 dengan judul *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transport*. Jakarta: Erlangga.
- Nurmalia, Maya. (2012). *Analisis Pemilihan Moda Antara Bis Damri dan Travel (Arnes Shuttle) pada Perjalanan Bandung – Jatinangor*. Jurnal Moda Transprotasi Angkutan Umum, Teknik Sipil ITB - Bandung. Hal.1
- Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia nomor 10/Menhub/Per/II/2012 tentang Atribut Pelayanan.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 43/Pem/Per/I/1993 tentang Standar *Load Factor*.
- Rahman, Rahmatang. (2009). *Studi Pemilihan Moda Angkutan Umum Antara Kota Menggunakan Metode Stated Preference*. Jurnal SMARTek, Vol. 7 No. 4. Hal. 230-231.
- _____. (2012). *Analisa Biaya Oprasi (BOK) Angkutan Umum Antar Kota dalam Profinsi Rute Palu – Poso*. Jurnal Rekayasa dan Manajemen Transportasi, Vol. II No. 1. Hal. 13-14.
- Schumer. (1974). *Planning for Public Transport*. London: Huctchinson.
- Sugiyono. (2012). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Tamin, Ofyar. (2000). *Perencanaan dan Pemodelan Transport edisi ke-2*. Bandung: ITB.
- Warpani, S. (1990). *Merencanakan Sistem Perangkutan*. Bandung: ITB.

EVALUASI KEBUTUHAN ANGKUTAN UMUM PENUMPANG KOTA MALANG (STUDI KASUS RUTE ARJOSARI–DINOYO–LANDUNGSARI)

Evaluation The Needs of Public Transport Passengers in Malang Town (Case Studies Route Arjosari–Dinoyo–Landungsari)

Khoirul Abadi ¹, Ruskandi ²

¹Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang

²Dosen Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Malang

Kampus III Jalan Raya Tlogomas No. 246 Telp (0341) 464318 psw 176 Malang 65144

Email: Ruskandi73@yahoo.com

Abstract

Public transport passengers in Malang called angkot is one of the means of transportation that allows people to perform daily activities, but transport is increasingly interested in the community due to the low level of services, so that many people to using private vehicles. The fleet of public transport passengers (FPTP) routes ADL is currently 118 units with a capacity of 12 passenger/vehicle. Purpose of this study is to determine the performance, productivity and the needs of FPTP ADL optimal trajectory in the city of Malang. The method used in this study adopts the Technical Guidelines for the Implementation of Public Transport in Cities in Fixed Route and Regular (Direktorat Jendral Perhubungan Darat 2002) and using empirical formulations. The study of public transport performance passenger route ADL in 2015, the average load factor of 97.06%, the average frequency of 23.56 vehicle/hour, average headway time of 2.60 minutes, the average travel time 4,10 min/km, average travel speed of 15.03 km/hour. The average productivity of 55 passenger/day-vehicle with optimal fleet size is 116 units.

Keywords: *Public Transport, Performance, Productivity*

Abstrak

Angkutan umum penumpang di Kota Malang disebut angkot adalah salah satu sarana transportasi yang digunakan masyarakat untuk melakukan aktifitas sehari-hari, namun angkutan ini semakin tidak diminati masyarakat akibat rendahnya tingkat pelayanan, sehingga masyarakat banyak menggunakan kendaraan pribadi. Armada angkutan umum penumpang (AUP) trayek ADL saat ini 118 unit dengan kapasitas 12 penumpang/kend. Tujuan studi ini untuk mengetahui kinerja, produktivitas dan jumlah armada AUP trayek ADL yang optimal di kota Malang. Metode yang digunakan dalam studi ini mengadopsi dari Pedoman Teknis Penyelenggaraan Angkutan Penumpang Umum di Wilayah Perkotaan dalam Trayek Tetap dan Teratur (Direktorat Jendral Perhubungan Darat 2002) dan menggunakan formulasi empiris. Hasil studi kinerja angkutan umum penumpang trayek ADL tahun 2015, load factor rata-rata 97,06 %, frekuensi rata-rata 23,56 kendaraan/jam, headway waktu rata-rata 2,60 menit, waktu tempuh rata-rata 4,10 menit/km, kecepatan tempuh rata-rata 15,03 km/jam. Produktivitas rata-rata 55 penumpang/hari-kend, dengan jumlah armada yang optimal yaitu 116 unit.

Kata Kunci : Angkutan Umum, Kinerja, Produktivitas

PENDAHULUAN

Kota Malang merupakan kota terbesar kedua di Jawa Timur setelah Surabaya dan salah satu kota yang memiliki posisi sangat strategis secara geografis, selain itu Kota Malang terkenal dengan semboyan Tri Bina Citra yaitu sebagai Kota Pendidikan, Kota Industri dan Kota Pariwisata yang

mencerminkan profil potensi ekonomi Kota Malang. Padatnya kegiatan berbanding lurus dengan berkembangnya pergerakan masyarakat yang menuntut kebutuhan transportasi yang lebih berkembang. Perkembangan tersebut menghadapkan Kota Malang pada keseimbangan antara *supply* dan *demand*, meningkatnya jumlah pengguna

kendaraan pribadi akibat rendahnya tingkat pelayanan dan kinerja angkutan umum.

Angkutan umum penumpang di Kota Malang biasa dikenal dengan sebutan angkot adalah salah satu sarana transportasi yang digunakan untuk melayani aktivitas masyarakat di kota Malang. Terdapat sekitar 25 jalur angkutan umum penumpang di Kota Malang salah satunya adalah angkutan umum penumpang trayek ADL dengan panjang rute yaitu $\pm 14,5$ km dan waktu tempuh ± 1 jam. Menurut data Dinas Perhubungan Kota Malang (2015) untuk trayek ADL berjumlah 118 unit dengan kapasitas 12 penumpang, tarif Rp. 3.500 untuk pelajar dan Rp. 4.000 untuk umum.

Tujuan studi ini untuk mengetahui kinerja, produktivitas dan kebutuhan angkutan umum penumpang rute Arjosari – Dinoyo – Landungsari kondisi saat ini (2015). Adapun manfaat dari studi ini diharapkan dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dan masukan bagi instansi terkait untuk memperbaiki pelayanan angkutan umum penumpang Kota Malang.

Angkutan Umum Penumpang

Angkutan umum penumpang adalah angkutan penumpang yang dilakukan dengan sistem bayar atau sewa. Termasuk dalam pengertian angkutan umum penumpang adalah angkutan kota (bus, minibus, mikrolet dsb), kereta api, angkutan air dan angkutan udara (Warpani :1990).

Menurut (Warpani:1990), pengadaan pelayanan AUP memang secara langsung mengurangi banyaknya kendaraan pribadi, namun AUP bukan salah satu jalan keluar untuk menyelesaikan masalah lalu-lintas kota. Pelayanan AUP akan berjalan baik apabila tercipta keseimbangan antara penyediaan dan permintaan.

Kinerja Angkutan

Indikator kualitas pelayanan operasi angkutan dapat dilihat dari nilai kinerja operasi yang dihasilkan, parameter yang digunakan frekuensi, *headway*, *load factor*, kecepatan perjalanan dan waktu tempuh Asikin (2001).

Frekuensi adalah jumlah kendaraan yang lewat per satuan waktu Morlok (1978). Frekuensi dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$F = 1/h$$

Dimana :F = frekuensi

h = headway (menit)

Headway adalah waktu antara satu kendaraan dengan kendaraan lain yang berurutan dibelakangnya pada satu rute yang sama Asikin (2001). Nilai *headway* dirumuskan sebagai berikut :

$$H_t = \frac{60}{Q/\text{jam}}$$

Dimana:

Q/jam = jumlah kendaraan per satuan jam

Ht = headway (menit)

Load factor (LF) merupakan perbandingan antara kapasitas terjual dan kapasitas tersedia untuk satu perjalanan yang biasa dinyatakan dalam persen (%) (Abubakar,1995).

$$LF = \frac{JF}{C} \times 100 \%$$

Dimana :

LF = Load Factor (%)

JF = Banyaknya penumpang yang diangkut sepanjang satu lintasan pertrip.

C = kapasitas kendaraan.

Menurut Direktorat Jendral Perhubungan Darat (1995), bahwa nilai *load factor* dalam kondisi dinamis 70 %.

Menurut Morlok (1978) menyatakan bahwa kecepatan perjalanan yaitu kecepatan kendaraan dari awal rute ke titik akhir rute, dan dirumuskan dengan :

$$V = S/t$$

Dimana :

V = Kecepatan tempuh angkutan umum (Km/jam)

S = Jarak Tempuh Angkutan Umum (Km)

t = Waktu Tempuh Angkutan Umum (Jam)

Produktivitas Angkutan

Dalam indikator produktivitas parameter yang digunakan adalah total produksi kendaraan. pengertian total produksi kendaraan adalah rata-rata pencapaian jumlah penumpang yang dapat diangkut dalam satu hari dan satu kendaraan. Produktivitas dapat dirumuskan menggunakan formulasi empiris sebagai berikut :

Produktivitas = jumlah penumpang rata-rata (pnp/trip-kend) x jumlah trip rata-rata (trip/hari)

Kebutuhan Angkutan

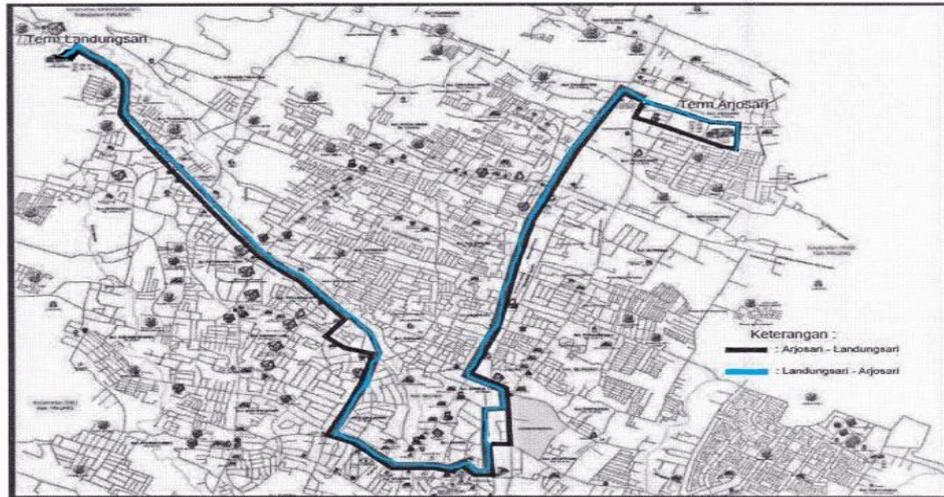
Menggunakan formulasi empiris dengan mempertimbangkan produktivitas angkutan

Kebutuhan Armada

$$\frac{\text{Jumlah penumpang/hari}}{\text{Produktivitas angkutan}}$$

METODE PENELITIAN**Lokasi Studi dan Pembagian Zona**

Angkutan umum penumpang trayek ADL memiliki panjang rute pergi-pulang $\pm 14,5$ km.



Gambar 1. Peta Angkutan Umum Penumpang Trayek ADL

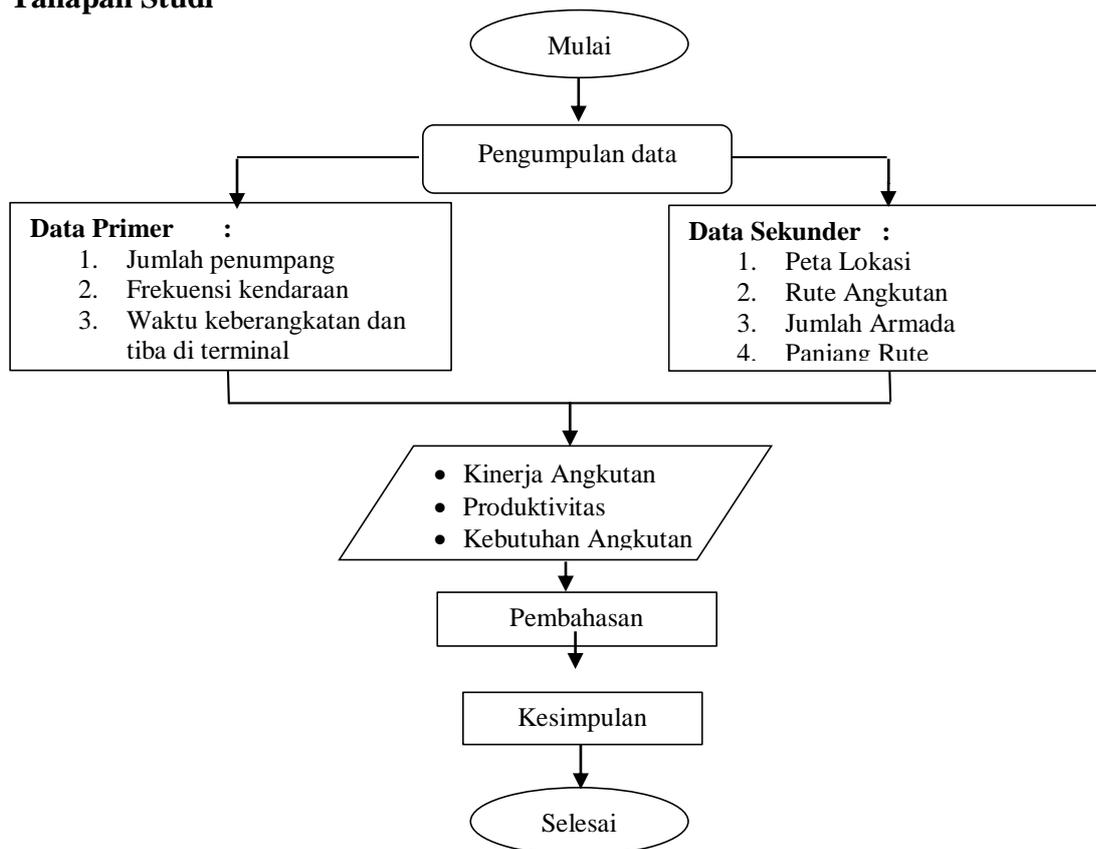
Tabel 1. Pembagian Zona AUP trayek ADL arah Arjosari – Dinoyo – Landungsari

Zona	Lokasi Pengamatan
1	Terminal Arjosari – Jl.Jend.A.yani(Mesjid Sabilillah)
2	Mesjid Sabilillah (Jl. Jend. A. Yani) – Hotel Ibis Style (Jl. Letjen S. Parman)
3	Hotel Ibis Style (Jl. Letjen S. Parman) – Hotel Savana (Jl. Letjen Sutoyo)
4	Hotel Savana (Jl. Letjen Sutoyo) – Stasiun KA Kota Baru
5	Stasiun KA Kota Baru– Bank. BCA (Jl. Kahuripan)
6	Bank BCA(Jl. Kahuripan) –Museum Brawijaya
7	Museum Brawijaya – Taman Makam Pahlawan (Jl. Bandung – Jl. Bogor)
8	Taman Makam Pahlawan (Jl. Bogor) – Kampus. UB (Jl.Mayjen Haryono)
9	Kampus.UB (Jl. Mayjen Haryono) – Kampus UNISMA (Jl. Mt.Haryono)
10	Kampus UNISMA (Jl.Mt.Haryono) – Terminal Landungsari

Tabel 2. Pembagian Zona AUP trayek ADL arah Landungsari – Dinoyo – Landungsari.

Zona	Lokasi Pengamatan
11	Terminal Landungsari – Kampus UNISMA (Jl. Mt.Haryono)
12	Kampus UNISMA(Jl. Mt.Haryono) – Kampus UB (Jl. Mayjen Haryono)
13	Kampus UB (Jl. Mayjen Haryono) – kampus Pariwisata Unmer (Jl. Ijen)
14	Kampus Pariwisata Unmer (Jl. Ijen) – Perpustakaan Kota (Jl. Ijen)
15	Perpustakaan Kota (Jl. Ijen) – Bank BCA (Jl. Kahuripan)
16	Bank BCA(Jl. Kahuripan) – Stasiun KA Kota Baru (Jl. Kertanegara)
17	Stasiun KA Kota Baru (Jl. Kertanegara) – Hotel Savana Jl. Letjen Sutoyo)
18	Hotel Savana Jl. Letjen Sutoyo) – Hotel Ibis Style (Jl. Letjen S. Parman)
19	Hotel Ibis Style (Jl. Letjen S. Parman) – Mesjid Sabilillah (jl. Jend A Yani)
20	Mesjid Sabilillah (jl. Jend A Yani) – Terminal Arjosari

Tahapan Studi



Gambar 2. Bagan Alur Studi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Penumpang

Hasil survey untuk penumpang dilakukan mulai pukul 06.00-18.00 WIB, disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Penumpang AUP trayek ADL

Jam Berangkat	Arjosari - Dinoyo – Landungsari										Landungsari - Dinoyo – Arjosari													
	Sabtu		Minggu		Senin		Selasa		Rabu		Kamis		Sabtu		Minggu		Senin		Selasa		Rabu		Kamis	
	U	P	U	P	U	P	U	P	U	P	U	P	U	P	U	P	U	P	U	P	U	P	U	P
6:00	8	1	12	0	7	2	8	0	6	1	8	1	7	1	7	0	5	2	6	1	8	1	4	4
6:30	10	0	10	0	10	1	7	0	10	1	13	2	6	2	11	0	7	2	7	1	8	0	9	1
7:00	6	1	14	0	12	1	12	1	13	0	11	0	6	1	18	0	9	0	10	1	11	1	7	0
8:00	12	0	7	0	16	0	17	1	11	0	13	0	13	0	10	0	8	0	12	0	10	0	9	0
9:00	10	0	13	0	10	0	11	0	11	1	14	0	8	2	12	0	11	1	10	0	14	0	9	5
10:00	15	3	15	0	15	1	8	3	15	3	12	6	14	4	13	0	10	4	10	0	15	1	5	3
11:00	12	0	15	0	9	0	13	5	13	0	10	1	14	0	8	0	14	3	9	5	15	0	2	4
12:00	13	6	14	0	11	0	14	0	11	0	12	0	13	0	9	0	11	2	19	0	12	1	6	3
13:00	15	0	9	0	18	0	7	2	12	3	7	3	10	0	17	0	8	0	15	0	11	0	7	0
13:30	11	0	18	0	5	2	15	0	12	0	11	0	12	0	10	0	10	0	11	4	8	0	12	0
14:00	13	0	15	0	15	0	10	3	16	1	14	1	11	0	11	0	11	0	11	0	10	0	11	0
15:00	18	0	10	0	11	0	17	1	18	0	14	0	12	1	8	0	11	2	16	1	11	1	12	1
16:00	10	0	10	0	10	3	10	1	12	0	11	3	15	0	10	0	9	0	7	1	8	0	17	1
16:30	11	0	11	0	7	2	9	0	8	1	11	0	10	0	13	0	9	0	13	0	13	0	10	0
17:00	11	0	8	0	8	0	9	1	11	0	9	0	8	0	7	0	10	0	15	0	13	0	8	0
17:30	9	0	8	0	9	0	7	0	10	0	10	0	8	0	9	0	13	0	8	0	11	0	9	0

Sumber : Hasil Survey

Keterangan n: U = Umum, P = Pelajar

Waktu Tempuh

Waktu tempuh angkutan umum penumpang trayek ADL disajikan pada tabel 4.

Pola Naik Turun Penumpang

Contoh kondisi eksisting pola naik turun penumpang maksimum AUP trayek ADL pada hari kamis, disajikan pada tabel 5.

Tabel 4. Waktu Tempuh AUP trayek ADL (menit).

Jam	Arjosari - Dinoyo - Landungsari						Arjosari - Dinoyo – Landungsari					
	Sabtu	Minggu	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Sabtu	Minggu	Senin	Selasa	Rabu	Kamis
6:00	57	54	56	53	58	64	52	38	55	53	55	53
6:30	58	61	57	54	61	66	56	42	58	58	56	55
7:00	56	53	66	59	60	59	51	50	56	60	58	56
8:00	59	53	64	64	58	63	55	48	58	55	54	48
9:00	55	57	55	64	61	61	50	57	58	53	53	48
10:00	80	48	70	62	68	69	57	55	60	56	60	54
11:00	53	68	55	57	60	55	54	53	55	46	57	50
12:00	90	53	53	62	59	52	55	60	56	57	53	46
13:00	65	59	57	61	64	61	60	55	58	56	55	47
13:30	61	55	58	50	62	68	59	56	60	56	59	46
14:00	52	60	59	58	61	56	54	55	57	48	62	50
15:00	64	58	59	96	56	50	53	54	56	106	53	52
16:00	63	61	57	100	61	52	57	59	67	101	56	56
16:30	62	59	60	99	59	58	58	61	62	104	55	58
17:00	58	53	59	98	56	58	54	52	56	100	59	42
17:30	54	64	58	95	62	79	60	52	58	101	52	60

Sumber : Hasil Survey

Tabel 5. Pola Naik Turun AUP maksimum trayek ADL.

Waktu	Berangkat	Zona	Arjosari - Dinoyo – Landungsari												Maks								
			1		2		3		4		5		6			7		8		9		10	
			U	P	U	P	U	P	U	P	U	P	U	P		U	P	U	P	U	P	U	P
N 1367 UB	Naik		6	-	1	-	2	-	1	-	1	-	2	-	-	-	-	-	1	-	-	-	
	9:00	Turun	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	6	-	1	-	4	-	
	Jumlah		6		7		9		10		11		13		10		4		4		0		
Waktu	Berangkat	Zona	Landungsari - Dinoyo – Arjosari												Maks								
			11		12		13		14		15		16			17		18		19		20	
			U	P	U	P	U	P	U	P	U	P	U	P		U	P	U	P	U	P	U	P
N 1202 UB	Naik	5	-	4	1	3	-	2	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	16:00	Turun	-	-	-	-	-	-	-	2	1	2	-	2	-	1	-	1	-	9	-		
	Jumlah	5		10		13		15		13		13		11		10		9		0			

Sumber : Hasil Survey Kamis 11 Juni 2015

Kendaraan

Jumlah kendaraan angkutan umum penumpang trayek ADL yang terdaftar 118 unit, sedangkan jumlah kendaraan yang

tercatat atau melewati lokasi titik pengamatan di jl. Trunojoyo disajikan pada tabel 6.

Tabel 6. Jumlah Kendaraan AUP trayek ADL (kend/15 menit)

Arah Hari Jam	Arjosari - Dinoyo - Landungsari						Landungsari - Dinoyo – Arjosari					
	Sabtu	Minggu	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Sabtu	Minggu	Senin	Selasa	Rabu	Kamis
06.00 - 06.15	5	7	7	6	7	6	4	5	5	3	4	4
06.15 - 06.30	5	4	8	8	6	5	5	5	4	5	4	3
06.30 - 06.45	5	5	5	5	6	7	6	5	4	4	5	5
06.45 - 07.00	6	6	7	9	8	7	4	4	5	4	5	4
07.00 - 07.15	10	5	6	9	6	8	4	4	7	4	6	5
07.15 - 07.30	7	6	7	6	7	6	6	5	6	7	4	5
07.30 - 07.45	7	6	5	4	5	9	8	5	5	6	7	6
07.45 - 08.00	6	7	8	6	5	8	7	5	6	4	5	6
08.00 - 08.15	7	8	5	4	4	7	8	6	7	6	6	5
08.15 - 08.30	11	7	9	9	7	6	4	6	7	10	8	7
08.30 - 08.45	7	10	8	7	8	5	6	5	6	9	7	8
08.45 - 09.00	9	4	6	6	6	7	8	5	6	9	7	8
09.00 - 09.15	8	10	6	6	5	6	4	4	7	7	6	6
09.15 - 09.30	8	7	6	5	4	8	4	5	6	4	5	6
09.30 - 09.45	7	10	8	9	8	7	8	4	7	4	4	5
09.45 - 10.00	4	8	6	5	5	7	6	6	5	8	8	5
10.00 - 10.15	7	6	7	7	6	8	6	3	5	4	5	4
10.15 - 10.30	6	4	7	8	7	5	6	7	8	4	7	5
10.30 - 10.45	4	6	5	4	4	7	4	10	7	7	6	5
10.45 - 11.00	9	8	8	9	6	8	8	8	7	6	5	5
11.00 - 11.15	6	5	7	4	3	6	8	7	8	7	6	6
11.15 - 11.30	6	6	6	6	4	6	6	4	7	5	5	5
11.30 - 11.45	6	6	6	5	7	6	6	4	6	5	6	5
11.45 - 12.00	5	7	6	4	5	5	6	6	7	4	5	6
12.00 - 12.15	6	6	5	5	4	5	6	4	8	7	6	5
12.15 - 12.30	4	8	5	5	6	7	4	8	5	6	4	5
12.30 - 12.45	4	6	7	7	5	7	6	4	6	6	6	4
12.45 - 13.00	7	5	7	7	5	8	7	7	7	5	5	4
13.00 - 13.15	6	4	7	5	7	6	4	6	7	5	4	4
13.15 - 13.30	5	5	5	4	4	5	4	5	6	7	8	5
13.30 - 13.45	9	5	5	7	6	4	5	3	5	6	4	5
13.45 - 14.00	4	5	6	5	9	4	7	7	6	6	5	6
14.00 - 14.15	5	5	6	6	9	7	5	4	6	7	6	6
14.15 - 14.30	4	6	7	6	4	6	6	5	6	7	4	5
14.30 - 14.45	4	4	7	8	5	8	7	4	7	6	8	7
14.45 - 15.00	6	5	8	4	4	6	6	7	7	5	7	8
15.00 - 15.15	5	4	4	9	6	4	4	4	5	4	6	6
15.15 - 15.30	8	4	7	7	4	7	5	6	5	5	6	5
15.30 - 15.45	6	6	6	5	5	6	6	7	5	6	4	5
15.45 - 16.00	5	6	5	4	6	5	6	4	7	6	9	6
16.00 - 16.15	11	4	4	5	6	4	6	5	6	4	6	5
16.15 - 16.30	7	5	6	6	5	5	9	5	7	6	5	4
16.30 - 16.45	8	5	5	6	4	4	5	5	5	4	4	4
16.45 - 17.00	6	3	8	7	7	7	7	4	6	9	7	6
17.00 - 17.15	5	5	6	6	6	7	5	4	6	7	5	7
17.15 - 17.30	4	4	5	4	6	6	6	4	4	7	6	5
17.30 - 17.45	4	5	5	4	5	5	5	5	4	6	7	6
17.45 - 18.00	5	4	5	5	4	5	4	4	5	5	5	4

Sumber : Hasil Survey

Kinerja Angkutan Umum Penumpang Trayek ADL

Load Factor (faktor muat)

Load factor angkutan umum penumpang trayek ADL dihitung dengan menggunakan persamaan 3, berdasarkan data

penumpang (tabel 3). *Load factor* angkutan umum penumpang trayek ADL selengkapnya disajikan pada tabel 7 dan gambar 3.

Tabel 7. *Load Factor* Maksimum, Minimum dan Rata-rata AUP trayek ADL (%)

	Arjosari - Dinoyo - Landungsari							Landungsari - Dinoyo – Landungsari				
	Sabtu	Minggu	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu	Senin	Selasa	Rabu
Maks	158,33	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	141,67	158,33	133,33	150,00
Min	58,33	58,33	58,33	58,33	58,33	75,00	58,33	58,33	58,33	58,33	66,67	50,00
Rata-rata	101,56	98,44	96,35	100,00	104,17	102,60	92,71	90,10	89,58	100,52	95,31	82,81
Maks			158,33						158,33			
Min			58,33						50,00			
Rata-rata			100,52						91,84			
Maks						158,33						
Min						50,00						
Rata-rata						97,06						

Sumber : Hasil Perhitungan

Frekuensi dan Headway

Frekuensi dan *headway* angkutan umum penumpang trayek ADL dihitung menggunakan persamaan 1 dan persamaan 2, berdasarkan data frekuensi kendaraan (tabel

6), Frekuensi rata-rata dan *headway* waktu rata-rata angkutan umum penumpang trayek ADL selengkapnya disajikan pada tabel 8 dan tabel 9.

Tabel 8. Frekuensi Maksimum, Minimum dan Rata-Rata AUP trayek ADL (kend/jam)

	Arjosari - Dinoyo - Landungsari							Landungsari - Dinoyo – Arjosari				
	Sabtu	Minggu	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Sabtu	Minggu	Senin	Selasa	Rabu	Kamis
Maks	35	35	30	31	28	31	29	32	30	35	28	29
Min	17	17	20	19	17	18	19	17	18	18	18	17
Rata-rata	25	23	25	24	23	25	24	21	24	24	23	22
Maks			35						35			
Min			17						17			
Rata-rata			24.24						22.88			
Maks						35						
Min						17						
Rata-rata						23.56						

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 9. *Headway* Maksimum, Minimum dan Rata-Rata AUP trayek ADL (menit)

	Arjosari - Dinoyo - Landungsari							Landungsari - Dinoyo – Arjosari				
	Sabtu	Minggu	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Sabtu	Minggu	Senin	Selasa	Rabu	Kamis
Maks	3.53	3.53	3.00	3.16	3.53	3.33	3.16	3.53	3.33	3.33	3.33	3.53
Min	1.71	1.71	2.00	1.94	2.14	1.94	2.07	1.88	2.00	1.71	2.14	2.07
Rata-rata	2.45	2.67	2.41	2.52	2.69	2.44	2.60	2.93	2.48	2.59	2.64	2.81
Maks			3.53						3.53			
Min			1.71						1.71			
Rata-rata			2.53						2.67			
Maks						3.53						
Min						1.71						
Rata-rata						2.60						

Sumber : Hasil Perhitungan

Waktu Tempuh

Waktu tempuh maksimum, minimum dan rata-rata masing-masing angkutan umum penumpang berdasarkan data waktu tempuh (tabel 4), selengkapnya disajikan pada tabel 10.

Angkutan umum penumpang arah Arjosari – Dinoyo – Landungsari, waktu tempuh maksimum sebesar 6,90 menit/km pada hari Selasa keberangkatan pukul 16.00. Sedangkan waktu tempuh minimum sebesar

3,31 menit/km pada hari Minggu keberangkatan pukul 10.00. Untuk arah Landungsari – Dinoyo Arjosari waktu tempuh maksimum sebesar 7,31 menit/km pada hari Selasa keberangkatan pukul 15.00. Sedangkan waktu tempuh minimum sebesar 2,60 menit/km pada hari Minggu keberangkatan pukul 06.00. Adapun waktu tempuh rata – rata kedua arah sebesar 4,10 menit/km.

Tabel 10. Waktu Tempuh Maksimum, Minimum dan Rata-Rata AUP trayek ADL (menit/km)

	Arjosari - Dinoyo - Landungsari						Arjosari - Dinoyo - Landungsari					
	Sabtu	Minggu	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Sabtu	Minggu	Senin	Selasa	Rabu	Kamis
maks	6.21	4.69	4.83	6.90	4.69	5.45	4.14	4.21	4.62	7.31	4.28	4.14
Min	3.59	3.31	3.66	3.45	3.86	3.45	3.45	2.62	3.79	3.17	3.59	2.90
Rata-rata	4.25	3.95	4.06	4.88	4.16	4.19	3.81	3.65	4.01	4.78	3.87	3.54
maks			6.90							7.31		
Min			3.31							2.62		
Rata-rata			4.25							3.94		
maks						4.25						
Min						2.62						
Rata-rata						4.10						

Sumber : Hasil Perhitungan

Kecepatan Tempuh

Kecepatan tempuh angkutan umum penumpang trayek ADL dihitung menggunakan persamaan 4, berdasarkan data waktu tempuh (tabel 4) dan jarak tempuh 14,5

km. Kecepatan tempuh angkutan umum penumpang trayek ADL selengkapnya disajikan pada tabel 11 dan gambar 4.

Tabel 11. Kecepatan Tempuh Maksimum, Minimum dan Rata-Rata AUP trayek ADL (km/jam)

	Arjosari - Dinoyo - Landungsari						Landungsari - Dinoyo - Arjosari					
	Sabtu	Minggu	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Sabtu	Minggu	Senin	Selasa	Rabu	Kamis
Maks	16.7	18.1	16.4	17.4	15.5	17.4	17.4	22.9	15.8	18.9	16.7	20.7
Min	9.7	12.8	12.4	8.7	12.8	11.0	14.5	14.3	13.0	8.2	14.0	14.5
Rata-rata	14.4	15.3	14.8	13.1	14.4	14.5	15.8	16.7	15.0	13.7	15.6	17.1
Maks			18.13							22.89		
Min			8.70							8.21		
Rata-rata			14.43							15.64		
Maks						22.89						
Min						8.21						
Rata-rata						15.03						

Sumber : Hasil Perhitungan

Produktivitas

Berdasarkan jumlah kendaraan (tabel 6), dapat diketahui jumlah trip perhari, sebagaimana disajikan pada tabel 12. Sedangkan berdasar data penumpang (tabel

3), dapat diketahui jumlah penumpang rata-rata (Pnp/trip-kend), sebagaimana disajikan pada tabel 13.

Tabel 12. Jumlah Trip Rata-rata Harian AUP trayek ADL

	Sabtu	Minggu	Senin	Selasa	Rabu	Kamis
Jumlah Trip	575	526	589	566	544	554
Trip/kend	4.87	4.46	4.99	4.80	4.61	4.69
Rata-rata	4.74					

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 13. Jumlah Penumpang Rata-Rata AUP trayek ADL (Pnp/trip-kend)

	Arjosari - Dinoyo - Landungsari						Landungsari - Dinoyo - Arjosari					
	Sabtu	Minggu	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Sabtu	Minggu	Senin	Selasa	Rabu	Kamis
Maks	19	18	18	18	18	18	18	18	17	19	16	18
Min	7	7	7	7	7	9	7	7	7	7	8	6
Rata-rata	12.19	11.81	11.56	12.00	12.50	12.31	11.13	10.81	10.75	12.06	11.44	9.94
Maks	19						19					
Min	7						6					
Rata-rata	12.06						11.02					
Maks	19						19					
Min	6						6					
Rata-rata	11.64						11.64					

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan penumpang rata-rata 11,64 penumpang/trip-kend dan trip hariannya sebesar 4,74 trip/hari, maka diestimasi produktivitas angkutan sebesar 55,17 penumpang/hari-kend atau 6.510 penumpang/hari.

Kebutuhan Angkutan

Kapasitas penumpang AUP trayek ADL adalah 12 orang/kend, berdasarkan okupansi 70% diperoleh 8 penumpang/trip-kend dan trip berdasarkan waktu operasional 06.00 – 18.00 yaitu 7 trip/hari, maka diperoleh 56 penumpang/hari-kend. Prakiraan jumlah penumpang 6.510 penumpang/hari dan produktivitas kendaraan 56 pnp/hari-kend, maka diperoleh jumlah armada yang optimal yaitu 116 unit, sehingga perlu adanya pengurangan 2 unit armada.

Pembahasan

Load factor angkutan umum penumpang trayek ADL maksimum sebesar 158,33% (19

penumpang) dan rata-rata kedua arah sebesar 97,06% (11,64 penumpang). Diartikan bahwa tingkat keterisian dari angkutan umum penumpang trayek ADL lebih dari okupansi 70% (Direktorat Jendral Perhubungan Darat). Berdasarkan pola naik turun penumpang diketahui penumpang maksimum di dalam kendaraan sebesar 15 penumpang, dimana jumlah penumpang lebih besar dari kapasitas AUP trayek ADL 12 orang. Kondisi ini menyebabkan pelayanan angkutan seperti kenyamanan menjadi rendah karena penumpang melebihi kapasitas angkutan. Sedangkan dengan penumpang rata-rata di dalam kendaraan berdasarkan pola naik turun sebesar 8,80 penumpang, dimana jumlah penumpang berkisar antara 8 – 9 penumpang ini sesuai okupansi 70% yaitu 8 penumpang, yang artinya masih nyaman untuk penumpang.

Frekuensi angkutan umum penumpang trayek ADL rata-rata kedua arah sebesar 23,56 kend/jam dengan headway rata-

rata sebesar 2,60 menit, ini berarti frekuensi dan headway angkutan umum penumpang trayek ADL masih dalam kondisi baik, artinya waktu tunggu penumpang kurang dari 3 menit terdapat AUP trayek ADL yang lewat.

Kecepatan tempuh angkutan umum penumpang trayek ADL rata-rata kedua arah sebesar 15,03 km/jam atau dengan waktu tempuh 4,10 menit/km, ini berarti kecepatan tempuh angkutan umum penumpang trayek ADL masih dalam kondisi bisa di terima dengan jarak tempuh \pm 14,5 km. Waktu tempuh angkutan umum penumpang trayek ADL juga dipengaruhi oleh beberapa faktor eksternal diantaranya lalu-lintas dimana rute yang dilewati angkutan umum penumpang trayek ADL merupakan jalur utama yang melewati kawasan-kawasan kegiatan Kota Malang, terdapat beberapa simpang bersinyal, disamping kebiasaan supir berhenti waktu menunggu penumpang.

Jumlah armada 118 unit, produktivitas AUP trayek ADL sebesar 55,17 penumpang/hari-kend atau 6.510 penumpang/hari, diestimasi berdasarkan penumpang rata-rata 11,64 pnp/hari-kend dan trip rata-rata 4,74 trip/hari-kend. Jumlah trip rata-rata 4,74 atau 5 trip/hari-kend dengan waktu tempuh \pm 1 jam dan waktu istirahat sekitar 2 jam dari jam operasional 06.00-18.00, artinya bila jam kerja aktif AUP trayek ADL sekitar 7 jam, maka sekitar 5 jam angkutan tidak beroperasi, hal ini mengakibatkan banyak waktu yang terbuang, dengan demikian angkutan lebih banyak menghabiskan waktunya menunggu penumpang di terminal atau pinggir jalan.

Kapasitas penumpang AUP trayek ADL 12 orang/kend, berdasarkan okupansi 70% (Direktorat Jendral Perhubungan Darat) yaitu 8 penumpang/trip-kend dan trip berdasarkan waktu operasional 06.00 – 18.00 yaitu 7 trip/hari, diestimasi produktivitas AUP trayek ADL sebesar 56 pnp/hari-kend. Penumpang rata-rata (eksisting) 6.510 pnp/hari dan produktivitas kendaraan 56 pnp/hari-kend, maka distimasi jumlah armada yang optimal yaitu 116 unit armada dengan catatan 100% beroperasi, sehingga perlu adanya pengurangan 2 armada dari armada yang tersedia saat ini. Meningkatnya jumlah trip angkutan dari 4,74 trip/hari-kend menjadi 7

trip/hari-kend mengakibatkan biaya operasional kendaraan (BOK) menjadi lebih besar jika dibandingkan dengan produktivitas kendaraan sebelum dilakukan rekayasa sebesar 55,17 penumpang/hari-kend, penumpang rata-rata 11,64 pnp/trip-kend, trip rata-rata 4,74 trip/hari dan sesudah direkayasa sebesar 56 penumpang/hari-kend, penumpang (okupansi 70%) 8 pnp/hari-kend dan trip angkutan sebesar 7 trip/hari-kend. Untuk meningkatkan produktivitas kendaraan, maka perlu adanya penambahan trip harian yang berdampak pada penyesuaian jumlah armada. Dengan jumlah armada yang beroperasi saat ini 118 unit masih layak untuk dioperasikan, adapun 2 unit armada tersebut dapat di rotasi dengan melakukan penjadwalan sehingga armada lainnya dapat beristirahat. Untuk dapat meningkatkan kinerja pelayanan angkutan maka perlu adanya penyesuaian jumlah armada dengan volume kebutuhan penumpang yang ada.

KESIMPULAN

- Kinerja angkutan umum penumpang trayek Arjosari – Dinoyo – Landungsari saat ini tahun 2015, *load factor* rata-rata 97,06 %, frekuensi rata-rata 23,56 kend/jam, *headway* waktu rata-rata 2,60 menit, waktu tempuh rata-rata 4,10 menit/km dan kecepatan tempuh rata-rata 15,03 km/jam.
- Produktivitas angkutan umum penumpang trayek Arjosari – Dinoyo – Landungsari saat ini tahun 2015, jumlah penumpang rata-rata sebesar 11,64 pnp/trip-kend, jumlah trip rata-rata sebesar 4,74 trip/hari dan produktivitas rata-rata 55 pnp/hari-kend.
- Kebutuhan jumlah armada angkutan umum penumpang trayek Arjosari – Dinoyo – Landungsari saat ini tahun 2015 yang optimal adalah 116 kendaraan.

DAFTAR PUSTAKA

- Undang – undang No. 22 tahun 2009, Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan.
Peraturan Pemerintah Nomor 74 Tahun 2014 Tentang Angkutan Jalan.
Keputusan Direktorat Jenderal Perhubungan Darat Nomor SK. 678/AJ. 206/DRJD/2002. *Tentang Pedoman Teknis Penyelenggaraan Angkutan Umum*

Penumpang Umum Diwilayah Perkotaan Dalam Trayek Tetap dan Teratur.

- Direktorat Jenderal Perhubungan Darat,(2002), *Pedoman Teknis Penyelenggaraan Angkutan Umum di Wilayah Perkotaan dalm Trayek Tetap dan Teratur.*
- Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, (2002), *Panduan Pengumpulan Data Angkutan Umum Perkotaan.*
- Direktorat Jenderal Perhubungan Darat,(1996), *Pedoman Teknis Penyelenggaraan Angkutan Penumpang Umum di Wilayah Perkotaan dalam Trayek Tetap dan Teratur.*
- Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, (1995), *Menuju Lalu Lintas dan Angkutan Jalan Yang Tertip.*
- Armin. H.Y. (2014), *Evaluasi Kinerja Angkutan Umum Penumpang Kota Mataram (Studi Kasus : Rute Sweta – Ampenan).* Skripsi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UMM. Malang.
- Asikin, Muslich Zainal.2001. *Sistem Manajemen Transportasi Kota.* Yogyakarta : Penerbit UGM.
- Marsudi, Ismiyati dan Y,I. Wicaksono. (2006), *Analisis Kinerja Mobil Penumpang Umum (MPU) dan Sistem Jaringan Trayek Di Kota Salatiga, Pilar Volume 15 No 2, September 2006,* Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro. Semarang.
- Morlok, E.K,(1978), *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi,* Terjemahan oleh Johan Kelanaputra Hainim 1985. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Nasution, H.M.N., (2008), *Manajemen Transportasi,* Ghalia Indonesia, Jakarta.
- Tamin, O.Z, (1997), *Perencanaan dan Permodelan Transportasi,* penerbit ITB, Bandung.
- Warpani, Suwardjoko. (2002), *Pengolahan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan,* Penerbit ITB, Bandung

PEMANFAATAN SERBUK KACA SEBAGAI BAHAN TAMBAH DALAM PEMBUATAN BATAKO

Use of Materials as Glass Powder Added In Making Batako

Nursyamsi¹, Ivan Indrawan², Ika Puji Hastuty³

¹ Departemen Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara
email: nursyamsi@usu.ac.id

² Departemen Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara
email: ivanindrawan76@gmail.com

³ Departemen Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara
email: ikapuji@gmail.com

Abstract

The increase needed for adobe bricks as substitute for lead in demand for cement as brick-forming material. Innovation needed to reduce used, by glass powder. The initial idea that the silica (SiO₂) on glass some of which are as same as in cement,. This study uses glass powder as substitute against the weight of cement. Glass powder used consisted of two types glass powder passes sieve No. 100 retained on No.200 (BSK ϕ 100- ϕ 200) and glass powder escaped sieve No. 200 (BSK < ϕ 200) with six kinds of mixed composition of 0%, 10%, 15%, 20%, 25% and 30%. Analysis of data by using provisions of SNI 03-0349-1989. The results showed entire BSK qualify for water absorption solid concrete brick quality I by SNI 03-0349-1989. Visual examination showed BSK surfaces have angled, flat, and free from cracks. BSK0% compressive strength of 95,289kg / cm² and the compressive strength is highest in BSK < ϕ 200_20% of 91,422kg / cm² and the quality I belong to the SNI 03-0349-1989. Tensile strength BSK0% of 16,268kg / cm² and tensile strength is highest on- ϕ 200 BSK ϕ 100 percentage of 15% of 19,464kg / cm². Overall it is known that BSK < ϕ 200 with 20% is the best percentage to be applied next.

Keywords: brick; Glass powder; Compressive Strength; strong Pull

Abstrak

Meningkatnya kebutuhan batako sebagai pengganti batu bata mengakibatkan peningkatan kebutuhan semen sebagai bahan pembentuk batako. Sehingga perlu dilakukan inovasi untuk mengurangi pemakaiannya dengan menggunakan serbuk kaca. Gagasan awal pemikiran bahwa silika (SiO₂) yang ada pada kaca sama seperti yang ada pada semen. Penelitian ini menggunakan serbuk kaca sebagai bahan substitusi terhadap dari berat semen. Serbuk kaca yang digunakan terdiri dari dua jenis yaitu serbuk kaca lolos ayakan No. 100 tertahan pada ayakan No.200 (BSK ϕ 100- ϕ 200) dan serbuk kaca lolos ayakan No. 200 (BSK< ϕ 200) dengan 6 macam komposisi campuran 0%, 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30%. Analisis data dengan menggunakan ketentuan SNI 03-0349-1989. Hasil penelitian menunjukkan seluruh BSK memenuhi syarat untuk penyerapan air bata beton pejal mutu I menurut SNI 03-0349-1989. Pengujian visual menunjukkan BSK memiliki permukaan yang siku, rata, dan tidak retak. Kuat tekan BSK0% sebesar 95,289kg/cm² dan kuat tekan tertinggi terdapat pada BSK< ϕ 200_20% sebesar 91,422kg/cm² dan tergolong dalam mutu I SNI 03-0349-1989. Kuat tarik BSK0% sebesar 16,268kg/cm² dan kuat tarik tertinggi terdapat pada BSK ϕ 100- ϕ 200 persentase 15% sebesar 19,464kg/cm². Secara keseluruhan diketahui bahwa BSK< ϕ 200 persentase 20% merupakan persentase paling baik untuk diaplikasikan selanjutnya.

Kata-kata kunci: Batako, Serbuk Kaca, Kuat Tekan, Kuat Tarik

PENDAHULUAN

Batako merupakan salah satu alternatif bahan dinding yang murah dan relatif kuat. Batako terbuat dari campuran pasir, semen dan air yang dipress dengan ukuran standard. Sejalan dengan pesatnya pembangunan perumahan, maka sangat jelas kebutuhan

untuk bahan bangunan akan semakin meningkat. Masyarakat pada umumnya lebih memilih menggunakan batu bata daripada menggunakan batako sebagai bahan bangunan. Namun pada akhirnya kebutuhan akan batako juga mengalami peningkatan yang signifikan. Batako pada saat ini semakin populer digunakan sebagai pengganti batu

bata merah. Hal ini disebabkan karena batako di nilai lebih cepat dalam pembuatan maupun pengerjaannya untuk pasang dinding. Dalam pembuatan batako tidak memerlukan proses pembakaran seperti pembuatan batu bata merah. Maka secara tidak langsung kebutuhan batako akan meningkat seiring dengan majunya pembangunan perumahan.

Batako termasuk bahan penyusun dinding yang bersifat non struktural. Meskipun sifatnya hanya bagian non struktural dari bangunan bukan berarti batako tidak memiliki standar kekuatan dan toleransi yang harus dipenuhi, karena dalam penggunaannya batako dengan mutu tertentu dapat dipakai dalam konstruksi yang memikul beban. Terdapat batasan-batasan tertentu sebagai persyaratan pada batako agar dalam penggunaannya, batako memiliki ketahanan dari berbagai macam pengaruh baik pengaruh secara langsung ataupun tidak langsung seperti ketentuan di dalam Standar Nasional Indonesia (SNI 03-0349-1989).

Semakin banyaknya permintaan batako di pasaran akan meningkatkan kebutuhan bahan baku utama konstruksi, salah satunya adalah semen. Dengan meningkatnya kebutuhan akan semen, maka harga semen pun akan semakin tinggi. Ini tentu menjadi satu masalah, terutama di daerah-daerah yang tidak terdapat sumber bahan baku semen. Sehingga tidak heran harga semen di daerah tersebut sangat mahal. Hal ini terus memicu para ahli teknik untuk mengembangkan suatu bahan yang dapat menggantikan atau mengurangi kebutuhan dari salah satu bahan konstruksi tersebut untuk mengurangi biaya bahan baku tanpa mengurangi kualitas hasil. Salah satu bahan alternatif yang dapat digunakan untuk mengganti sebagian semen adalah serbuk kaca sebagai bahan tambah pada batako. Gagasan awal berpedoman pada pemikiran bahwa unsur-unsur kimia yang ada pada kaca sebagian diantaranya sama seperti yang ada pada semen, sehingga apabila kaca dihancurkan menjadi serbuk berkemungkinan berfungsi sebagai filler karena persentase kandungan silika (SiO_2), Na_2O dan CaO pada kaca yang cukup besar yaitu lebih dari 70% (Karwur dkk, 2013).

Dalam penelitian ini, serbuk kaca digunakan sebagai bahan substitusi terhadap semen. Dilihat dari kesamaan komposisi kimia dari semen dan serbuk kaca, dapat diasumsikan bahwa serbuk kaca dapat

digunakan sebagai bahan pengganti semen. Diharapkan dengan penambahan serbuk kaca dapat mengurangi penggunaan semen dan menghasilkan nilai yang lebih ekonomis. Seperti terdapat dalam Tabel Unsur Semen Portland (Mulyono,2005) dan Tabel Unsur Serbuk Kaca (Lab. MIPA Kimia USU).

Tabel 1 Unsur Semen Portland		Tabel 2 Unsur Serbuk Kaca	
Unsur	Semen Portland	Unsur	Serbuk Kaca
SiO_2	20%-25%	SiO_2	97,0080%
Al_2O_3	7%-12%	Al_2O_3	0,1273%
Fe_2O_3	7%-12%	Fe_2O_3	0,0026%
CaO	60%-65%	CaO	0,1084%

Umum

Batako merupakan bahan bangunan yang berupa bata cetak alternatif pengganti batu bata yang tersusun dari komposisi antara pasir, semen portland dan air dengan perbandingan 1 semen : 7 pasir. Batako difokuskan sebagai konstruksi-konstruksi dinding bangunan non struktural.

Batako yang baik adalah yang masing-masing permukaannya rata dan saling tegak lurus serta mempunyai kuat tekan yang tinggi. Persyaratan batako menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia 1982 (PUBI-1982) pasal 6 antara lain adalah berumur minimal satu bulan, pada waktu pemasangan harus sudah kering, berukuran panjang ± 400 mm, lebar ± 200 mm, tebal $\pm 100-200$ mm, kadar air 25-35% dari berat, dan memiliki kuat tekan antara 2-7 N/mm^2 . Berdasarkan persyaratan fisik batako standar dalam PUBI-1982 memberikan batasan standar bahwa untuk batako dengan nilai kuat tekan 2-3,5 MPa dapat dipakai pada konstruksi yang tidak memikul beban. Untuk kuat tekan 2 MPa dapat dipasang pada tempat yang terlindung dari cuaca luar dan diberi lapisan pelindung.

Menurut PUBI-1982 pasal 6, "Batako adalah bata yang dibuat dengan mencetak dan memelihara dalam kondisi lembab". Menurut SNI 03-0349-1989, "*Conblock (concrete block)* atau batu cetak beton adalah komponen bangunan yang dibuat dari campuran semen portland atau pozolan, pasir, air dan atau tanpa bahan tambahan lainnya (*additive*), dicetak sedemikian rupa hingga memenuhi syarat dan

dapat digunakan sebagai bahan untuk pasangan dinding”.

Serbuk Kaca

Kaca adalah salah satu produk industri kimia yang merupakan gabungan dari berbagai oksida anorganik yang tidak mudah menguap, yang dihasilkan dari dekomposisi dan peleburan senyawa alkali dan alkali tanah, pasir serta berbagai penyusun lainnya (Dian, 2011 dalam Wibowo, 2013).

- Penggunaan Kaca dalam Bidang Konstruksi

Kaca adalah salah satu produk industri kimia yang paling akrab dengan kehidupan kita sehari-hari. Dipandang dari segi fisika, kaca merupakan zat cair yang sangat dingin. Disebut demikian karena struktur partikel-partikel penyusunnya yang saling berjauhan seperti dalam zat cair, namun kaca sendiri berwujud padat. Ini terjadi akibat proses pendinginan (*cooling*) yang sangat cepat, sehingga partikel-partikel silika tidak sempat menyusun diri secara teratur. Kaca merupakan hasil penguraian senyawa-senyawa organik yang mana telah mengalami pendinginan tanpa kristalisasi. Unsur pokok dari kaca adalah silika (Setiawan, 2006). Kaca memiliki sifat-sifat yang khas dibanding dengan golongan keramik lainnya. Sifat sifat kaca ini terutama dipengaruhi oleh keunikan *silica* (SiO₂) dan proses pembentukannya.

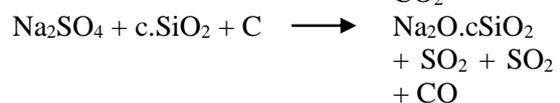
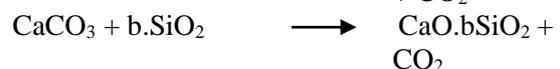
Beberapa sifat-sifat kaca secara umum adalah:

- Padatan amorf (*short range order*);
- Berwujud padat tapi susunan atom-atomnya seperti pada zat cair;
- Tidak memiliki titik lebur yang pasti ada *range* tertentu);
- Transparan, tahan terhadap serangan kimia, kecuali *hidrogen fluorida*.

Karena itulah kaca banyak dipakai untuk peralatan laboratorium;

- Efektif sebagai isolator;
- Mampu menahan vakum tetapi rapuh terhadap benturan.

Kaca memiliki sifat-sifat yang khas dibanding dengan golongan keramik lainnya. Kekhasan sifat-sifat kaca ini terutama dipengaruhi oleh keunikan silika (SiO₂) dan proses pembentukannya. Reaksi yang terjadi dalam pembuatan kaca secara ringkas pada persamaan dibawah ini (Dian, 2011 dalam Wibowo, 2013):



Bubuk kaca mempunyai kelebihan dibandingkan dengan bahan pengisi pori yang lainnya (Dian, 2011 dalam Wibowo, 2013), yaitu:

- Mempunyai sifat tidak menyerap air (*zero water absorption*),
- Kekerasan dari gelas menjadikan beton tahan terhadap abrasi yang hanya dapat dicapai oleh sedikit agregat alami,
- Bubuk kaca/serbuk kaca memperbaiki kandungan dari beton segar sehingga kekuatan yang tinggi dapat dicapai tanpa penggunaan *superplasticizer*,
- Bubuk kaca/serbuk kaca yang baik mempunyai sifat *pozzoland* sehingga dapat berfungsi sebagai pengganti semen dan *filler*.
- Kandungan dalam Kaca

Ada beberapa kandungan kaca berdasarkan jenis-jenis kaca, yaitu: *clear glass*, *amber glass*, *green glass*, *pyrex glass*, dan *fused silica* (Setiawan, 2006). Kandungan di dalam jenis-jenis kaca tersebut akan dijelaskan pada Tabel 3 seperti berikut ini.

Tabel 3 Kandungan Kaca dalam Persen

Jenis Kaca	Clear Glass	Amber Glass	Green Glass	Pyrex Glass	Fused Silica
SiO ₂	73,2 – 73,5	71,0 – 72,4	71,27	81	99,87
Al ₂ O ₃	1,7 – 1,9	1,7 – 1,8	2,22	2	-
Na ₂ O+K ₂ O	13,6 – 14,1	13,8 – 14,4	13,06	4	-
CaO+MgO	10,7 – 10,8	11,6	12,17	-	-
SO ₃	0,2 – 0,24	0,12 – 0,14	0,052	-	-
Fe ₂ O ₃	0,04 – 0,05	0,3	0,599	3,72	-
Cr ₂ O ₃	-	0,01	0,43	12,0 – 13,0	-

Kandungan kimia di dalam bubuk kaca didapat dari pengujian di Laboratorium FMIPA Kimia Universitas Sumatera Utara dengan hasil seperti terdapat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kandungan Serbuk Kaca

Unsur	Serbuk Kaca
SiO ₂	91,0080%
Al ₂ O ₃	0,1273%
Fe ₂ O ₃	0,0026%
CaO	0,1084%

- Pengaruh Sifat Reaktif Silika pada Kaca Penggunaan agregat halus kaca yang dibuat dari jenis kaca leburan *soda lime*, mulai dikembangkan untuk membuat beton kinerja tinggi. Agregat halus kaca ini dibuat dalam bentuk bubuk dengan ukuran dan distribusi yang serupa agregat halus/pasir alam. Penggunaannya diharapkan dapat memanfaatkan limbah dari hasil samping industri untuk komponen industri konstruksi dan untuk mengatasi kekurangan pasir alam yang tersedia. Berdasarkan ASTM C289-87 dilakukan tes kimia dan tes kereaktifan agregat didapat bahwa bubuk kaca masih layak digunakan sebagai agregat walaupun memiliki sifat "merugikan" karena mengandung silika reaktif yang dapat bereaksi dengan alkali semen, sehingga mengakibatkan terjadinya ekspansi beton (Noor, 1995 dalam Wibowo, 2013).

Pada penelitian ini, bahan kaca yang dipakai untuk batako adalah serbuk kaca dari berbagai jenis botol minuman bekas yang termasuk pada golongan kaca soda gamping.

Tujuan dilakukannya penelitian ini:

- Mengetahui variasi komposisi campuran serbuk kaca untuk campuran batako.
- Mutu batako yang dihasilkan variasi komposisi campuran serbuk kaca yang optimal sesuai SNI.

Manfaat yang diharapkan akan dihasilkan dari penelitian ini adalah penggunaan serbuk kaca untuk dimanfaatkan pada pembuatan batako agar menghasilkan batako varian baru yaitu batako yang memiliki kualitas tinggi dibandingkan bata konvensional terutama pada kuat tekan dan daya serap air sehingga memberikan kenyamanan lebih pada penghuni bangunan. Optimasi komposisi

serbuk kaca diharapkan dapat memberikan nilai ekonomis sehingga dapat diterapkan pada Industri Kecil Menengah, dengan memperhatikan kajian tekno ekonomis untuk melihat kelayakan untuk dikelola secara komersial.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian eksperimen. Sedangkan faktor yang diteliti adalah faktor komposisi campuran serbuk kaca pada batako, dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh serbuk kaca sebagai bahan tambah dengan mengurangi jumlah semen pada ukuran, daya serap air, kuat tekan dan kuat tarik. Rancangan penelitian pada batako akan dibuat benda uji dengan perbandingan campuran 1Pc : 7Ps, dimana campuran ini akan diberi serbuk kaca sebagai bahan substitusi dengan mengurangi jumlah persentase dari berat semen dengan variasi perbandingan komposisi yang digunakan berdasarkan atas kategori perbandingan volume dari agregat penyusun batako, yaitu 0%, 10%, 15%, 20%, 25% dan 30% serbuk kaca dari berat semen. Dengan 2 variasi ukuran butiran kaca, yakni : 1. Butiran kaca dengan Ø lolos ayakan no. 200 dan 2. Butiran kaca dengan Ø lolos ayakan no. 100 dan tertahan di ayakan no. 200. Pembuatan benda uji dan prosedur pengujian kualitas sesuai dengan yang telah ditentukan dalam Standar Nasional Indonesia (SNI 03-0349-1989).

Bahan yang Digunakan

- Semen *Portland*, Semen *Portland* yang dipergunakan adalah semen type 1 dengan merk dagang Semen Padang dalam kemasan 50 kg.
- Pasir, Pasir yang dipergunakan dalam penelitian ini diambil dari *quarry* Sei Wampu, Binjai.
- Air, Air yang digunakan sebagai bahan pencampur berasal dari Laboratorium Bahan Rekayasa Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.
- Serbuk Kaca, Pada penelitian ini, bahan kaca yang dipakai untuk batako berasal dari berbagai jenis botol minuman bekas yang dihancurkan di Laboratorium Bahan

Rekayasa Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara dan di ayak dengan ayakan No.100 dan No.200.

Persiapan benda uji

Pemeriksaan material, antara lain:

- Pemeriksaan berat jenis semen
- Pemeriksaan gradasi butiran agregat
- Pemeriksaan kadar lumpur
- Pemeriksaan kandungan organik
- Pemeriksaan kadar liat
- Pemeriksaan berat isi agregat
- Pemeriksaan berat jenis agregat

Pembuatan Serbuk Kaca dengan *Los Angeles*

Pada penelitian ini, untuk mendapatkan serbuk kaca yang ukuran butirannya halus dan lolos ayakan No.100 dan No. 200, dilakukan dengan menggunakan mesin Los Angeles. Adapun alat dan bahan serta langkah-langkah pengerjaannya adalah sebagai berikut:

- Alat dan Bahan:
 - Mesin *Los Angeles*
 - Peluru pengaus
 - Ayakan No. 200
 - Botol-botol kaca

Prosedur pengerjaan:

- Bersihkan botol-botol kaca dari sisa-sisa kotoran;
- Masukkan peluru pengaus dan botol-botol kaca yang telah dibersihkan tadi ke dalam mesin Los angeles;
- Tutup dan kunci mesin Los Angeles;
- Putar mesin \pm 45 menit;
- Sampel dikeluarkan dari mesin lalu di ayak dengan ayakan No. 100 dan No. 200

Pembuatan Benda Uji

- Peralatan yang diperlukan dalam pembuatan benda uji:
 - Ayakan, untuk mengayak pasir dengan ukuran 4,8 mm.
 - Timbangan, untuk menimbang kebutuhan bahan yang dipergunakan dalam pembuatan benda uji.
 - Ember, untuk tempat menampung kebutuhan air yang dipergunakan sebagai

pencampuran bahan-bahan pembuat.

- Sendok spesi, untuk mencampur dan memasukkan adonan adukan kedalam cetakan.
- Sekop dan cangkul.
- Mesin molen.
- Batang perojok atau vibrator, untuk memadatkan adukan di dalam cetakan.
- Cetakan batako terbuat dari plat besi berbentuk balok dengan ukuran cetakan adalah 400 x 200 x 100 mm.
- Cetakan kubus, terbuat dari besi berbentuk kubus dengan ukuran 15 x 15 x 15 cm.
- Cetakan/mould *briquette*, terbuat dari besi berbentuk angka delapan dengan ukuran 7,5 x 4,15 x 2,5 cm
- Prosedur Pembuatan benda uji :
 - Siapkan semua bahan dan alat yang diperlukan.
 - Timbang semen, pasir dan serbuk kaca dengan perbandingan 1 pc : 7 ps. Penambahan serbuk kaca dimulai dari 0%, 10%, 15%, 20%, 25% dan 30% dari berat semen dengan mengurangi jumlah semen awal. Dengan 2 variasi ukuran butiran kaca. Yaitu butiran lolos ayakan no. 200 dan butiran yang lolos ayakan no. 100 dan tertahan di ayakan no. 200.
 - Campurkan bahan dengan perbandingan menjadi 1 pc : 7 ps (tanpa penambahan serbuk kaca), untuk campuran selanjutnya dengan penambahan 10%, 15%, 20%, 25% dan 30%. Aduk semua bahan sampai rata.
 - Adonan batako yang sudah dicampur hingga rata ditambah air secukupnya sampai tercapai campuran setengah basah (lengas tanah) yang merata. Secara sederhana, keadaan ini dapat diketahui dengan cara: campuran yang telah merata dikepal dengan telapak tangan.

Kemudian dijatuhkan dari ketinggian lebih kurang lebih kurang 1,2 meter ke permukaan tanah keras. Bila campuran sudah baik, 2/3 bagian tetap mengumpul dan 1/3 lainnya tersebar (Utomo, 2010).

- Sebelum dimasukkan ke dalam cetakan, adonan yang sudah tercampur merata dituangkan sebagian ke dalam sebuah pan besar yang tidak menyerap air.
- Masukkan adonan batako kedalam cetakan setinggi 2/3 bagian cetakan, kemudian dipadatkan dengan cara ditumbuk sampai benar-benar padat dengan alat pemadat.
- Masukkan kembali adonan batako kedalam cetakan hingga penuh, kemudian dipadatkan lagi.

Perawatan Benda Uji Batako

- Hindarkan batako dari sinar matahari langsung dan air hujan agar pengikatan adonan sesuai yang diharapkan.
- Perawatan batako selama 28 hari yaitu dengan menyiram dengan air setiap pagi dan sore hari.

Perawatan Benda Uji Kubus

Sama dengan perawatan beton, perawatan ini dilakukan setelah benda uji mencapai *final setting* (mengeras). Perawatan ini dilakukan agar proses hydrasi selanjutnya tidak mengalami gangguan. Jika hal ini terjadi, beton akan mengalami keretakan karena kehilangan air yang begitu cepat (Mulyono, 2003).

Pada penelitian ini, perawatan benda uji kubus dilakukan dengan cara merendam benda uji di bak perendaman khusus di Laboratorium Bahan Rekayasa Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.

Perawatan Benda Uji *Briquette*

Perawatan benda uji *briquette* sama halnya dengan perawatan benda uji kubus, yaitu benda uji direndam di bak perendaman khusus di Laboratorium Bahan Rekayasa Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.

Pengujian Benda Uji

Pengujian Visual

- Peralatan yang diperlukan pada pemeriksaan tampak luar:

Penggaris siku dipergunakan untuk memeriksa kesikuan pada tiap-tiap sudut dan kedataran permukaan bidang dari batako pejal. Selebihnya pemeriksaan tampak luar dilakukan dengan menggunakan alat indra, seperti pemeriksaan pada ketajaman dan kekuatan rusuk-rusuk batako tidak mudah dirapuhkan dengan kekuatan jari-jari tangan.

- Peralatan yang diperlukan pada pemeriksaan ukuran:

Kaliper atau mistar sorong, dipergunakan untuk mengukur dimensi batako. Kaliper yang dipergunakan sampai dengan ketelitian 0,01 mm.

- Prosedur Pengujian:

Setelah masa perawatan selama 28 hari, batako yang diuji harus dalam keadaan kering. Tahapan yang harus dilakukan yaitu:

- Bersihkan permukaan benda uji batako dari berbagai kotoran yang menempel.
- Ukur panjang, lebar dan tebal benda uji.
- Pengamatan permukaan benda uji meliputi: keadaan permukaan, kerapatan dan keadaan sudut-sudutnya.

Pengujian Penyerapan Air

- Peralatan yang diperlukan pada pengujian penyerapan air:

- Wadah berisi air untuk merendam benda uji hingga batako jenuh air.

- Kain lap dipergunakan untuk menyeka permukaan batako dari kelebihan air setelah di rendam.

- Timbangan dipergunakan untuk menimbang batako dalam keadaan jenuh air dan kering oven. Timbangan yang dipergunakan dengan kapasitas 60 kg dengan ketelitian 0,1 gr.

- Oven dipergunakan untuk mengeringkan batako akan kandungan air setelah direndam.

Oven yang dipergunakan dilengkapi pengatur suhu, dengan suhu antara 105°C sampai dengan 110°C.

- Prosedur Pengujian:
 - Batako yang akan diuji penyerapan airnya harus dalam keadaan kering. Adapun langkah-langkah yang harus dilakukan dalam pengujian ini adalah:
 - Batako dibersihkan dari bahan-bahan lain yang menempel.
 - Batako dimasukkan kedalam oven selama 24 jam/sehari, sehingga didapati batako dalam kering oven.
 - Timbang batako, sehingga didapat berat batako dalam keadaan kering oven.
 - Rendam batako selama 24 jam /sehari atau hingga batako sudah keadaan jenuh.
 - Timbang batako, sehingga didapati berat batako dalam keadaan jenuh. Setelah mendapatkan data-data yang diperlukan, penyerapan air dapat dihitung.

Pengujian Kuat Tekan

- Peralatan yang diperlukan pada pengujian kuat tekan:
 - Timbangan dipergunakan untuk menimbang benda uji.
 - Mistar sorong dipergunakan untuk mengukur luas bidang tekan. Mistar sorong dipergunakan sampai dengan ketelitian 0,01 mm.
 - Alat uji yang digunakan adalah mesin uji kuat tekan beton (*compression machine*).
- Prosedur Pengujian:
 - Benda uji dikeluarkan dari bak perendaman, lalu dijemur selama \pm 24 jam.
 - Timbang berat benda uji lalu letakkan pada compressor machine sedemikian sehingga berada tepat ditengah-tengah alat penekannya.
 - Secara perlahan-perlahan beban tekan diberikan pada benda uji

dengan cara mengoperasikan mesin sampai benda uji runtuh.

- Pada saat jarum penunjuk skala tidak naik lagi atau bertambah, maka catat skala yang ditunjuk oleh jarum tersebut yang merupakan beban maksimum yang dapat dipikul benda uji tersebut.
- Percobaan diulang untuk setiap benda uji.
- Hitung kuat tekan batako.

Pengujian Kuat Tarik

- Peralatan yang diperlukan pada pengujian kuat tarik:
 - Timbangan dipergunakan untuk menimbang benda uji.
 - Mistar sorong dipergunakan untuk mengukur luas bidang tarik. Mistar sorong dipergunakan sampai dengan ketelitian 0,01 mm.
 - Alat uji yang digunakan adalah mesin uji kuat tarik *briquette (tensile test machine)*.
- Prosedur Pengujian:
 - Benda uji *briquette* yang telah direndam dikeluarkan 24 jam sebelum pengujian dilakukan dan dikeringkan dengan kain lap, lalu dibiarkan selama 24 jam.
 - Timbang berat benda uji.
 - Siapkan alat *tensile test* dan masukkan benda uji kedalam penjepit yang ada pada alat *tensile test*, kemudian kencangkan dengan memutar alat pengunci.
 - Stel skala penunjuk pada angka nol dan hidupkan alat *tensile test*.
 - Matikan alat begitu benda uji patah.
 - Catat pembacaan pada skala penunjuk, besar gaya tarik adalah hasil pembacaan dikalikan *scale reading*
 - Ukur luas patahan dengan jangka sorong
 - Hitung kuat tarik *briquette*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan di laboratorium, maka di dalam bab ini akan disajikan data-data hasil pengujian beserta analisa data tersebut. Adapun data yang tersedia meliputi data pengujian kuat tekan, pengujian penyerapan air, pengujian kuat tarik *brequette*, dan analisa penyimpangan ukuran batako.

Pengujian Kuat Tekan

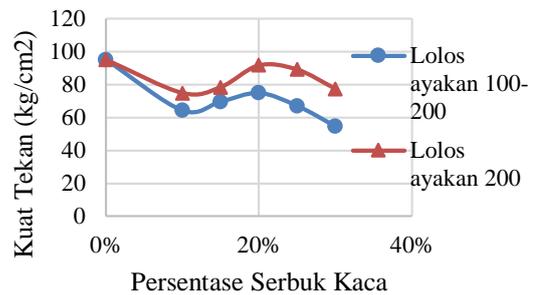
Benda uji yang digunakan adalah yang telah berumur 28 hari perawatan dengan dua variasi penambahan serbuk kaca yaitu, serbuk kaca lolos ayakan $\phi 100$ - $\phi 200$ dan serbuk kaca lolos ayakan $\phi 200$. Dimana spesimen merupakan kubus yang diambil ketika proses pengecoran dan diberi tekanan sampai diperoleh beban maksimum yang mampu ditahan oleh kubus tersebut. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5, Tabel 6, dan Gambar 1.

Tabel 5. Hasil Pengujian Kuat Tekan dengan Penambahan Serbuk Kaca Lolos Ayakan $\phi 100$ - $\phi 200$

No	Penambahan Serbuk Kaca	Pembacaan Dial Rata-rata (kN)	Luas (mm ²)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm ²)
1	0%	214,4	2250	95,289
2	10%	145	2250	64,444
3	15%	157	2250	69,778
4	20%	168,8	2250	75,022
5	25%	151,2	2250	67,2
6	30%	123,4	2250	54,844

Tabel 6 Hasil Pengujian Kuat Tekan dengan Penambahan Serbuk Kaca Lolos Ayakan $\phi 200$

No	Penambahan Serbuk Kaca	Pembacaan Dial Rata-rata (kN)	Luas (mm ²)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm ²)
1	0%	214,4	2250	95,289
2	10%	168,6	2250	74,933
3	15%	176,6	2250	78,489
4	20%	206,6	2250	91,822
5	25%	200,8	2250	89,244
6	30%	174,4	2250	77,511



Gambar 1. Grafik Kuat Tekan dengan Penambahan Serbuk Kaca Lolos Ayakan $\phi 100$ - $\phi 200$ dan Lolos Ayakan $\phi 200$

Berdasarkan data di atas, benda uji dapat dilihat kualitas mutunya berdasarkan SNI 03-0349-1989, Tabel 7.

Tabel 7. Syarat-Syarat Fisis Bata Beton Berdasarkan SNI 03-0349-1989

Syarat Fisik	Satuan	Tingkat Mutu							
		Bata Beton Pejal				Bata Beton Berlobang			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
Kuat tekan bruto rata-rata minimum	kg/cm ²	100	70	40	25	70	50	35	20
Kuat tekan bruto1) benda uji min	kg/cm ²	90	65	35	21	65	45	30	17
Penyerapan air rata-rata maks.	kg/cm ²	25	35	-	-	25	35	-	-

Catatan:

- 1) Kuat tekan bruto adalah beban tekan keseluruhan pada waktu benda uji pecah dibagi dengan luas ukurannya dari permukaan bata yang tertekan, termasuk luas lobang serta cekungan tepi
- 2) Tingkat Mutu:
 Tingkat I : Untuk dinding struktural tidak terlindungi
 Tingkat II: Untuk dinding struktural terlindungi (boleh ada beban)
 Tingkat III : Untuk dinding non struktural tak terlindungi boleh terkena hujan dan panas
 Tingkat IV : Untuk dinding non struktural terlindungi dari cuaca

Pengujian Kuat Tarik

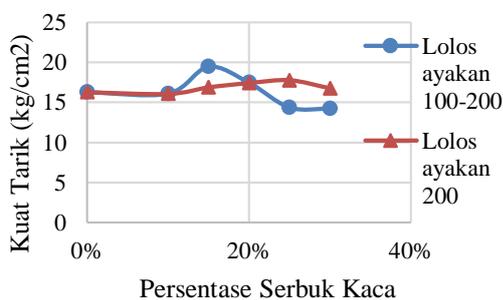
Pengujian untuk kuat tarik digunakan benda uji berbentuk *brique* dimana spesimen diambil ketika proses pengecoran dan diberikan pembebanan maksimum sampai benda uji patah. Benda uji yang sudah berumur 28 hari dengan dua variasi penambahan serbuk kaca yaitu, serbuk kaca lolos ayakan $\phi 100$ - $\phi 200$ dan serbuk kaca lolos ayakan $\phi 200$. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 8., Tabel 9, dan Gambar 2.

Tabel 8. Hasil Pengujian Kuat Tarik dengan Penambahan Serbuk Kaca Lolos Ayakan $\phi 100$ - $\phi 200$

No	Penambahan Serbuk Kaca	Kuat Tarik Rata-rata (kg/cm ²)
1	0%	16,268
2	10%	16,098
3	15%	19,464
4	20%	17,465
5	25%	14,356
6	30%	14,205

Tabel 9. Hasil Pengujian Kuat Tarik dengan Penambahan Serbuk Kaca Lolos Ayakan $\phi 200$

No	Penambahan Serbuk Kaca	Kuat Tarik Rata-rata (kg/cm ²)
1	0%	16,268
2	10%	16,068
3	15%	16,871
4	20%	17,398
5	25%	17,75
6	30%	16,763



Gambar 2. Grafik Kuat Tarik dengan Penambahan Serbuk Kaca Lolos Ayakan $\phi 100$ - $\phi 200$ dan Lolos Ayakan $\phi 200$

Pengujian Absorpsi

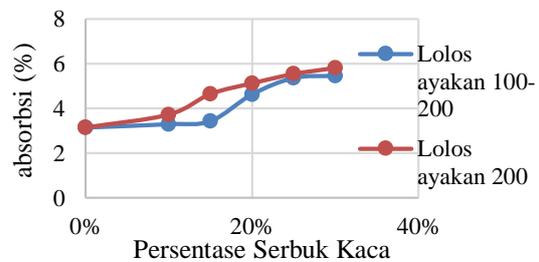
Benda uji yang dipakai untuk pengujian absorpsi adalah benda uji dengan ukuran 10 x 20 x 40 cm sebagaimana ukuran batako pada umumnya. Benda uji yang telah berumur 28 hari kemudian di rendam selama 24 jam, kemudian ditimbang untuk mendapat berat saat basah. Selanjutnya batako di oven selama 24 jam untuk mendapat berat saat kering. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.6, Tabel 5.7, dan Grafik 5.3.

Tabel 10. Hasil Pengujian Absorpsi dengan Penambahan Serbuk Kaca Lolos Ayakan $\phi 100$ - $\phi 200$

No	Penambahan Serbuk Kaca	Berat Rata-rata Basah (kg)	Berat Rata-rata Kering (kg)	Penyerapan Air Rata-rata (%)
1	0%	19,5826	18,9882	3,133
2	10%	19,7009	19,0749	3,282
3	15%	18,3892	17,782	3,421
4	20%	18,9479	18,111	4,623
5	25%	17,8388	16,9498	5,362
6	30%	18,1732	17,2362	5,459

Tabel 11. Hasil Pengujian Absorpsi dengan Penambahan Serbuk Kaca Lolos Ayakan $\phi 200$

No	Penambahan Serbuk Kaca	Berat Rata-rata Basah (kg)	Berat Rata-rata Kering (kg)	Penyerapan Air Rata-rata (%)
1	0%	19,5826	18,9882	3,133
2	10%	18,7913	18,1176	3,718
3	15%	18,2134	17,4089	4,642
4	20%	17,7855	16,9188	5,123
5	25%	18,1853	17,229	5,541
6	30%	17,9522	16,9654	5,813



Gambar 3. Grafik Absorpsi dengan Penambahan Serbuk Kaca Lolos Ayakan $\phi 100$ - $\phi 200$ dan Lolos Ayakan $\phi 200$

Pengujian Visual

Pemeriksaan Tampak Luar

Tabel 12. Perbandingan Hasil Pemeriksaan Visual dengan Syarat Mutu

Uraian	Rata-rata keadaan sampel						SNI 03-0349-1989
	BSK 0%	BSK 10%	BSK 15%	BSK 20%	BSK 25%	BSK 30%	
1. Bidang-bidang							
a. Kerataan	Rata	Rata	Rata	Rata	Rata	Rata	Rata
b. Keretakan	Tidak Retak	Tidak Retak	Tidak Retak	Tidak Retak	Tidak Retak	Tidak Retak	Tidak Retak
c. Kehalusan	Halus	Halus	Halus	Halus	Halus	Halus	Halus
2. Rusuk-rusuk							
a. Kesikuan	Siku	Siku	Siku	Siku	Siku	Siku	Siku
b. Ketajaman	Tajam	Tajam	Tajam	Tajam	Tajam	Tajam	Tajam
c. Kekuatan	Kuat	Kuat	Kuat	Kuat	Kuat	Kuat	Kuat

Apabila meninjau Tabel 5.8, dari keenam komposisi campuran batako dengan penambahan serbuk kaca lolos ayakan $\phi 100$ - $\phi 200$ dan lolos ayakan $\phi 200$ yang dicoba telah memenuhi syarat tampak luar menurut ketentuan dalam SNI 03-0349-1989, yaitu menghasilkan batako yang mempunyai permukaan bidang rata, tidak retak dan halus.

Pemeriksaan Ukuran

Setelah melakukan pemeriksaan dan didapat data pengukuran dimensi pada

masing-masing komposisi batako, kemudian data tersebut harus di analisis penyimpangan ukurannya sesuai dengan ketentuan SNI. 0349-1989. Ukuran yang menjadi acuan sampel batako, sebagai berikut: panjang = 400 mm; lebar = 200 mm; tebal = 100 mm.

Berikut merupakan rekapitulasi hasil rata-rata pemeriksaan ukuran batako dari enam macam campuran yang dicoba, seperti pada tabel berikut:

Tabel 13. Perbandingan Penyimpangan Ukuran Rata-rata Batako Lolos Ayakan $\phi 100$ - $\phi 200$ dengan Syarat Mutu

Komposisi Campuran	Panjang (mm)		Lebar (mm)		Tebal (mm)	
	Benda Uji	SNI 0349-89	Benda Uji	SNI 0349-89	Benda Uji	SNI 0349-89
BSK0%	1	5	0,8	2	1,4	2
BSK10%	0,8	5	0,7	2	1,2	2
BSK15%	0,9	5	0,8	2	0,9	2
BSK20%	0,9	5	0,7	2	0,9	2
BSK25%	0,7	5	0,9	2	1	2
BSK30%	0,8	5	0,7	2	0,8	2

Tabel 14. Perbandingan Penyimpangan Ukuran Rata-rata Batako Lolos Ayakan $\phi 200$ dengan Syarat Mutu

Komposisi Campuran	Panjang (mm)		Lebar (mm)		Tebal (mm)	
	Benda Uji	SNI 0349-89	Benda Uji	SNI 0349-89	Benda Uji	SNI 0349-89
BSK0%	0,9	5	0,6	2	1,3	2
BSK10%	0,7	5	0,7	2	0,7	2
BSK15%	0,7	5	0,9	2	0,7	2
BSK20%	1,0	5	0,9	2	1,3	2
BSK25%	0,8	5	1,2	2	1,1	2
BSK30%	0,6	5	0,7	2	0,7	2

Apabila meninjau Tabel 5.9 dan Tabel 5.10, batako telah memenuhi syarat ukuran sesuai dengan ketentuan dalam SNI 03-0349-

1989. Hal tersebut disebabkan karena serbuk kaca mempunyai butiran hampir sama dengan semen yaitu lolos saringan No. 100 dan

saringan No. 200 sehingga bahan tambah serbuk kaca dapat mengisi rongga antar pasir yang menyebabkan batako menjadi lebih padat, permukaan bidang batako menjadi rata, dan tidak retak.

Ditinjau dari data hasil pengujian, tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Kondisi tersebut dikarenakan cara pembuatan batako secara manual sehingga diperoleh batako dengan kepadatan yang tidak seragam. Karena kerapatan pori-pori yang terdapat didalam batako akan sangat berpengaruh pada kepadatan komposisi batako tersebut.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian didapat kesimpulan sebagai berikut:

- Kuat tekan normal (0%) tanpa substitusi serbuk kaca sebesar 95,289 kg/cm² dan masuk klasifikasi batako tingkat I. Kuat tekan maksimum dengan substitusi serbuk kaca \emptyset Lolos Ayakan no.100-200 terdapat pada persentase 20% sebesar 75,022 kg/cm², termasuk dalam klasifikasi batako tingkat II dan kuat tekan minimum terdapat pada persentase 30% sebesar 54,844 kg/cm², termasuk klasifikasi batako tingkat III. Kuat tekan maksimum untuk substitusi serbuk kaca \emptyset Lolos Ayakan no. 200 terdapat pada persentase 20% sebesar 91,822 kg/cm², termasuk dalam klasifikasi batako tingkat I dan kuat tekan minimum terdapat pada persentase 10% sebesar 74,933 kg/cm², termasuk klasifikasi batako tingkat II.
- Kuat tarik normal (0%) tanpa substitusi serbuk kaca sebesar 16,268 kg/cm². Kuat tarik maksimum untuk substitusi serbuk kaca \emptyset Lolos Ayakan no.100-200 terdapat pada persentase 15% sebesar 19,464 kg/cm² dan kuat tarik minimum terdapat pada persentase 30% sebesar 14,205 kg/cm². Kuat tarik maksimum untuk substitusi serbuk kaca \emptyset Lolos Ayakan no. 200 terdapat pada persentase 25% sebesar 17,75 kg/cm² dan kuat tarik minimum terdapat pada persentase 10% sebesar 16,068 kg/cm².

- Penyerapan air (absorpsi) untuk batako normal (0%) tanpa substitusi serbuk kaca sebesar 3,133%. Penyerapan air (absorpsi) maksimum untuk batako dengan substitusi serbuk kaca \emptyset Lolos Ayakan no.100-200 terdapat pada persentase 30% sebesar 5,495% dan absorpsi minimum terdapat pada persentase 10% sebesar 3,28%. Penyerapan air (absorpsi) maksimum untuk batako dengan substitusi serbuk kaca \emptyset Lolos Ayakan no. 200 terdapat pada persentase 30% sebesar 5,813% dan absorpsi minimum terdapat pada persentase 10% sebesar 3,283%.
- Semua sampel lolos klasifikasi batako tingkat I berdasarkan absorpsi yang lebih kecil dari 25%. Hasil pengujian visual baik secara tampak maupun ukuran, semua sampel batako lolos klasifikasi SNI 03-0349-1989. Permukaan batako rata, halus dan tidak retak. Siku batako tajam, kuat, dan presisi. Penyimpangan ukuran yang terjadi masih dalam batas-batas ketentuan SNI 03-0349-1989.

Saran

Hasil penelitian yang dilakukan dapat menjadi acuan dalam menentukan alternatif pengganti semen dalam pembuatan batako. Dari penelitian ini dapat disarankan menggunakan serbuk kaca yang lolos ayakan \emptyset 200 sebanyak 20% sebagai pengganti semen, dikarenakan hasil yang didapat sudah mendekati kekuatan batako normal dan mutu tingkat 1 menurut SNI 03-0349-1989. Namun masih perlu dilakukannya penelitian lanjutan untuk mengetahui durability dan kemampuan menahan beban struktur, serta pengembangan penelitian terhadap bobot yang diharapkan diperoleh bobot yang lebih ringan.

DAFTAR PUSTAKA

- Chu-Kia Wang dan Salmon, Charles G. 1994. *Disain Beton Bertulang*. Jilid I. Edisi Keempat. Terjemahan Binsar Hariandja. Jakarta: Erlangga.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1982. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.

- Departemen P.U., 1989, *SNI 03-0349-1989 Bata Beton untuk Pasangan Dinding*, Balitbang, Jakarta.
- Departemen P.U., 2004, *SNI 15-2049-2004 Semen Portland*, Balitbang, Jakarta.
- Karwur, Handy Yohanes., Dkk. 2013. *Kuat Tekan Beton Dengan Bahan Tambah Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Parsial Semen*. Jurnal Sipil Statik Vol. 1, 276-281.
- Kasiati, Endang. 2011. *Pembuatan Paving Blok dengan Menggunakan Semen Portland dan Semen Pozzolan dengan Bahan Tambahan Serbuk Kaca dan Abu Batu*. Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah 2011.
- Latief, Abdul. 2010. *Kuat Tarik Langsung, Kuat Tarik Lentur, Susut Dan Density Mortar Campuran Semen, Abu Sekam Padi, Dan Precious Slag Ball Dengan Persentase 30%; 30%; 40%*, Skripsi Program Studi Teknik Sipil Depok. Depok: UI.
- Mulyono, Tri. 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Setiawan, Budi. 2006. *Pengaruh Penggunaan Agregat Kaca pada Beton Ditinjau dari Segi Kekuatan dan Shrinkage*, Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil Universitas Kristen Petra. Surabaya.
- Utomo, Hendratmo Muji. 2010. *Analisis Kuat Tekan Batako dengan Limbah Karbit Sebagai Bahan Tambah*, Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta: UNY.
- Wibowo, Levin. 2013. *Pengaruh Penambahan Serbuk Kaca dan Water Reducing High Range Admixtures terhadap Kuat Desak dan Modulus Elastisitas pada Beton*, Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Yogyakarta: UAJY.

KAJIAN POTENSI DAN PRIORITAS LOKASI DRY PORT DI MALANG DAN PASURUAN

Study of Potency and Location Priority of Dry Port in Malang and Pasuruan

Rahadi Bintang¹, Harnen Sulistio², M Zainul Arifin³

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya
Jl. M.T. Haryono No. 167, Malang-65145, Jawa Timur
Email : rahabin00@gmail.com

^{2,3}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya
Jl. M.T. Haryono No. 167, Malang-65145, Jawa Timur

Abstract

The objectives of this study are knowing the current logistic performance based on customers perceptions, knowing the probability of dry port's usage and the recommendations of dry port location with high priority in Malang and Pasuruan. This study uses Principle component analysis, stated preference dan analytic hierarchy process. Based on the results, the logistic performance index of Tanjung Perak Port-Malang route is 3.4, relatively even with Tanjung Perak Port-Pasuruan route that has index 3.41 at likert scale. For the both routes, commodity and transportation infrastructure have low score, less than 3 at likert scale. The probability usage is 88.95% when dry port gives 3 days shorter in dwelling time, predicted lead time, five hundred thousand rupiahs cheaper in transportation and storage cost and 2 hours faster in travel time for logistic activities of a 20 feet container on Tanjung Perak Port-Pasuruan route. Pasuruan with priority weight 57.66% is more prioritized than Malang which has priority weight 42.34% as dry port location. To optimize the implementation of dry port in proposed location, increasing the commodity, transportation infrastructure and cargo clearance services at dry port integrated to seaport are recommended

Keywords: *Dwelling Time, Dry Port, PCA, AHP, SP*

Abstrak

Kajian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja sistem logistik saat ini berdasarkan persepsi pengguna jasa, preferensi calon pengguna jasa terhadap potensi dry port dan rekomendasi lokasi yang memiliki prioritas tinggi untuk pembangunan dry port di Malang dan Pasuruan. Metode yang digunakan adalah Principle Component Analysis, Analytic Hierarchy Process dan Stated Preference. Berdasarkan hasil kajian diketahui bahwa indeks kinerja logistik rute Pelabuhan Tanjung Perak-Malang dan Pelabuhan Tanjung Perak-Pasuruan relatif sama yaitu untuk Malang 3.40 dan Pasuruan 3.41 pada skala likert. Faktor yang perlu ditingkatkan pada kinerja logistik kedua rute adalah faktor komoditas dan faktor infrastruktur transportasi dimana memiliki skor < 3 skala likert. Pasuruan memiliki bobot prioritas sebesar 57.66% lebih tinggi dari Malang sebesar 42.34% sebagai lokasi pembanguna dry port. Probabilitas penggunaan dry port dengan dwelling time lebih cepat 3 hari, lead time terprediksi, biaya transportasi dan pergudangan lebih murah Rp. 500000,- dan waktu tempuh lebih cepat 2 jam untuk kegiatan logistik kontaner 20 feet pada rute Pelabuhan Tanjung-Pasuruan sebesar 88.95%. Untuk mengoptimalkan pelaksanaan rencana pembangunan dry port pada lokasi yang memiliki prioritas tinggi, direkomendasikan untuk peningkatan komoditas, infrastruktur transportasi dan pelayanan dokumen barang di dry port yang terintegrasi dengan seaport.

Kata Kunci: *Dwelling Time, Dry Port, PCA, AHP, SP*

PENDAHULUAN

Berdasarkan data Kantor Otoritas Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya, pada tahun 2014 arus peti kemas di Pelabuhan Tanjung Perak mencapai 2.383.890 TEUs. Jumlah ini telah melampaui kapasitas petikemas Pelabuhan Tanjung Perak

yaitu sekitar 2,1 juta TEUs.

Untuk merespon peningkatan volume kontainer, kongesti dan keterbatasan kapasitas, pelabuhan dapat meningkatkan penerapan konsep inland container depots (ICDs) sebagai strategi peningkatan kapasitas pelabuhan (Jovin J.M. & Youvang H.,2012:7149). Konsep ICDs ini pada

prinsipnya sama dengan *dry port*. Di wilayah *hinterland* sebelah Selatan Pelabuhan Tanjung Perak, Malang dan Pasuruan menjadi daerah yang berpotensi sebagai lokasi pembangunan *dry port*. Berdasarkan RTRW dan Tatravil Propinsi Jawa Timur, Malang direncanakan sebagai lokasi *dry port* sedangkan Pasuruan juga telah direncanakan dalam Tatravil Jawa Timur dan dalam penelitian yang dilakukan BKPM pada tahun 2012 disebutkan Pasuruan lebih ideal untuk pembangunan *dry port*. Dengan demikian, diperlukan kajian terkait potensi dan prioritas lokasi *dry port* pada kedua wilayah tersebut.

Logistik

Logistik merupakan bagian dari proses rantai suplai yang berfungsi merencanakan, melaksanakan, mengontrol secara efektif, efisien proses pengadaan, pengelolaan, penyimpanan barang, pelayanan dan informasi mulai dari titik awal (*point of origin*) hingga titik konsumsi (*point of consumption*) dengan tujuan memenuhi kebutuhan konsumen (Dwitasari dkk, 2010:2-1).

Berdasarkan pengukuran indeks kinerja logistik yang dilakukan oleh World Bank tahun 2014, kinerja logistik Indonesia berada di urutan ke 53 dari 160 negara, masih tertinggal dari negara-negara ASEAN seperti Singapura, Malaysia, Thailand dan Vietnam.

Dalam Cetak Biru Pengembangan Sistem Logistik Nasional, Pemerintah telah merumuskan strategi untuk meningkatkan kinerja sistem logistik nasional diantaranya peningkatan infrastruktur transportasi multimoda dimana optimalisasi *dry port* menjadi salah satu program yang direncanakan.

Dry Port

Dry port adalah sebuah terminal intermodal di daerah pedalaman (*inland/hinterland*) yang terhubung secara langsung ke pelabuhan laut dengan alat angkut berkapasitas besar, lebih diutamakan rel/kereta api, dimana para pengguna jasa dapat memasukkan atau mengeluarkan barang/kontainer seperti di pelabuhan laut (Roso dkk, 2009:81).

Berdasar jarak ke *sea port*, *dry port* dikategorikan menjadi 3 jenis yaitu: (BKPM, 2012:9)

- *Distant dry port* (berjarak > 500 km)
- *Midrange dry port* (berjarak 100 km s.d. 500 km)

- *Close dry port* (berjarak <100 km)

Principle Component Analysis

Principal Component Analysis (PCA) merupakan sebutan umum bagi sebuah teknik yang menggunakan prinsip dasar matematika untuk menjadikan jumlah variabel-variabel yang kemungkinan saling berkorelasi menjadi lebih sedikit dimana variabel yang terbentuk disebut komponen utama/*principal component* (Richardson, 2009:2).

Secara umum, tahapan penggunaan metode *Principal Component Analysis* dapat diuraikan (Jelantik dkk, 2014:37-38):

- Menentukan variabel penelitian yang akan dianalisa dengan ketentuan nilai KMO > 0,5 dengan signifikansi 0,05 dan MSA bernilai $0,5 \leq MSA \leq 1$.
- Pembentukan faktor dengan ekstraksi variabel dengan ketentuan faktor terbentuk jika eigen value ≥ 1 .
- Penentuan/pengelompokan variabel-variabel ke dalam faktor-faktor yang terbentuk. Suatu variabel masuk dalam suatu faktor apabila nilai korelasi yang terbentuk paling besar diantara nilai korelasi variabel tersebut dengan faktor yang lain. Untuk lebih jelas mengetahui nilai korelasi antara variabel dan faktor maka dilakukan rotasi matrik komponen.
- Penamaan faktor

Stated Preference

Kroes & Sheldon (1988:13) menyatakan *Stated preference* menjadi metode pilihan yang menarik dalam penelitian di bidang transportasi. Dalam metode ini, pengontrolan penelitian mudah dilakukan karena peneliti yang membuat skenario atau kondisi yang akan dinilai oleh responden, lebih fleksibel terhadap variabel yang bervariasi dan lebih murah dalam pengaplikasiannya.

Dalam membuat desain eksperimen, jumlah kombinasi skenario pilihan yang ditawarkan kepada responden dapat dihitung dengan memangkatkan jumlah level atribut n dengan jumlah atributnya a atau dapat ditulis n^a . Desain eksperimen yang menggunakan seluruh kombinasi pilihan disebut desain *full factorial*. Desain eksperimen ini dapat menghasilkan jumlah kombinasi pilihan yang banyak sehingga menyulitkan responden. Jumlah kombinasi pilihan yang disarankan adalah berkisar 9-16

(Kroes & Sheldon, 1988:14). Untuk mengatasi permasalahan besarnya jumlah kombinasi pilihan dalam desain eksperimen digunakan desain *fractional factorial* yaitu desain eksperimen yang tidak menggunakan seluruh kombinasi pilihan.

Beberapa metode dapat digunakan untuk menganalisa lebih lanjut data hasil *stated preference*. Metode analisa dipilih berdasarkan jenis data respon responden. Untuk data berbentuk *choice* dapat dianalisa dengan metode *logit*, data berbentuk *ranking* dapat dianalisa dengan metode *Monotomic Analysis of Variance (MONANOVA)* dan juga metode *logit*, sedangkan data dalam bentuk *rating* dapat dianalisa dengan metode regresi. Fungsi *logit binomial* yang dapat ditulis:

$$P_1 = \frac{\exp(U_1)}{\exp(U_1) + \exp(U_2)}$$

Dimana :

- P_1 : probabilitas pilihan 1
 U_1 : Utilitas pilihan 1
 U_2 : Utilitas pilihan 2

Fungsi utilitas diasumsikan sebagai fungsi linear dan ditulis dalam bentuk berikut:

$$U_j = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_n x_n$$

Dimana :

- U_j : utilitas pilihan j
 b_0 : konstanta
 $b_1 \dots b_n$: koefisien atribut
 $x_1 \dots x_n$: atribut model

Selisih utilitas dua pilihan dapat dirumuskan:

$$U_1 - U_2 = b_0 + b_1(x_{11} - x_{12}) + b_2(x_{21} - x_{22}) + \dots + b_n(x_{n1} - x_{n2})$$

Dengan menggunakan transformasi Berkson Theil, fungsi selisih utilitas antara dua pilihan dapat ditulis:

$$U_1 - U_2 = \ln(P_1 / 1 - P_1)$$

Berdasarkan transformasi tersebut, pilihan responden dari skala *rating* ditransformasikan ke dalam skala probabilitas yaitu angka 1 = 0,9; angka 2 = 0,7; angka 3 = 0,5; angka 4 = 0,3 dan angka 5 = 0,1. Skala probabilitas tersebut kemudian ditransformasikan menjadi skala utilitas dan didapatkan nilai secara berturut-turut 2,1972; 0,8473; 0,000; - 0,8473; - 2,1972.

Besarnya pengaruh persentase perubahan dari selisih utilitas terhadap persentase perubahan probabilitas pilihan yang ditawarkan

dapat diketahui dari nilai elastisitas. Elastisitas ada dua jenis yaitu elastisitas langsung (*direct-elasticity*) dan elastisitas silang (*cross-elasticity*). Elastisitas langsung dalam probabilitas pemilihan 2 alternatif dapat diartikan sebagai perubahan probabilitas suatu alternatif akibat perubahan persentase pada salah satu atribut alternatif tersebut. Sedangkan elastisitas silang dalam probabilitas pemilihan 2 alternatif dapat diartikan sebagai perubahan probabilitas suatu alternatif akibat perubahan persentase pada salah satu atribut pada alternatif lainnya.

Analytic Hierarchy Process

Analytic Hierarchy Process (AHP) merupakan salah satu bentuk dari *Decision Support System (DSS)* atau Sistem Pendukung Keputusan. Sistem *DSS* bertujuan untuk meningkatkan proses dan kualitas hasil pengambilan keputusan dimana *DSS* dapat memadukan data dan pengetahuan untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi dalam proses pengambilan keputusan (Maharani dkk., 2010:104).

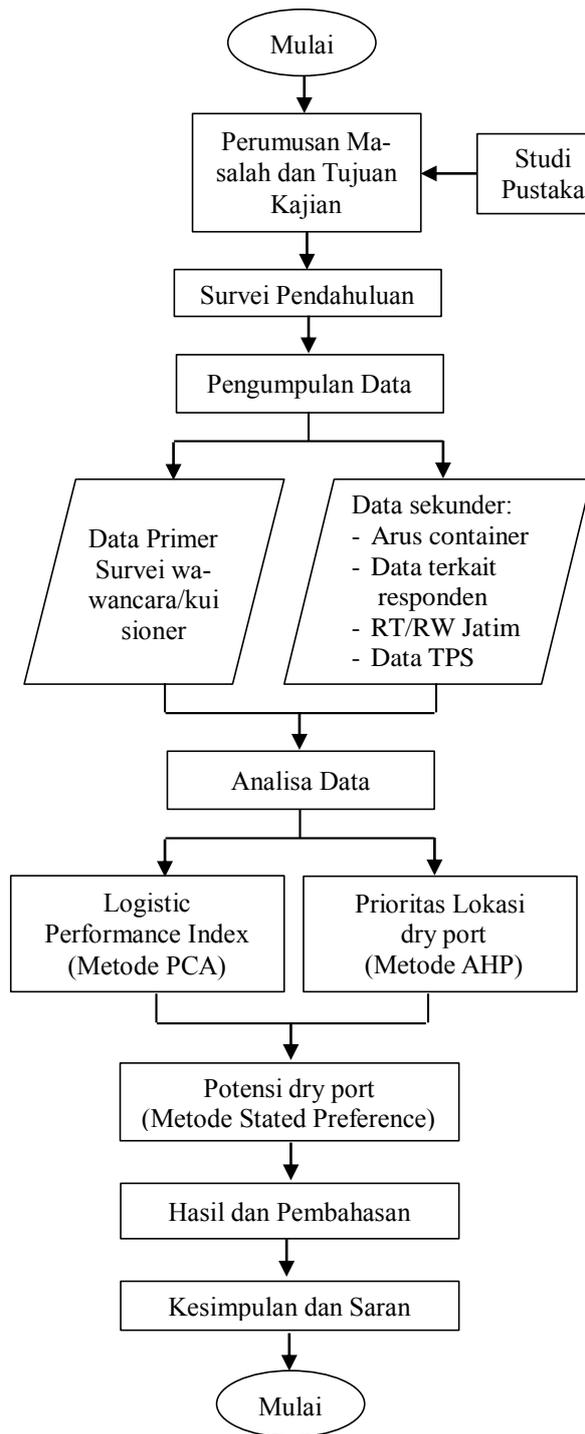
Tahapan metode *Analytic Hierarchy Process* secara garis besar dapat diuraikan sebagai berikut: (Saaty, 2008:85)

- Mendefinisikan permasalahan
- Membuat struktur hierarki keputusan mulai dari paling atas adalah tujuan keputusan, dibagian tengah adalah kriteria dan level yang paling bawah adalah kumpulan dari alternatif.
- Membuat matrik perbandingan berpasangan (*pairwise comparison matrices*). Setiap elemen yang berada di level lebih atas digunakan untuk membandingkan elemen yang berada tepat di bawahnya.
- Menggunakan prioritas yang didapatkan dari perbandingan untuk pembobotan prioritas pada level yang berada tepat di bawahnya.

Untuk membandingkan penilaian elemen-elemen pada setiap level, responden diminta untuk memberikan skor/nilai pada elemen secara berpasangan dalam rentang skala *rating* 1 sampai dengan 9 seperti yang digunakan oleh Thomas L. Saaty.

METODE PENELITIAN

Tahapan kajian yang dilakukan dapat dilihat pada diagram alir berikut.



Gambar 1 . Diagram Alir Kajian

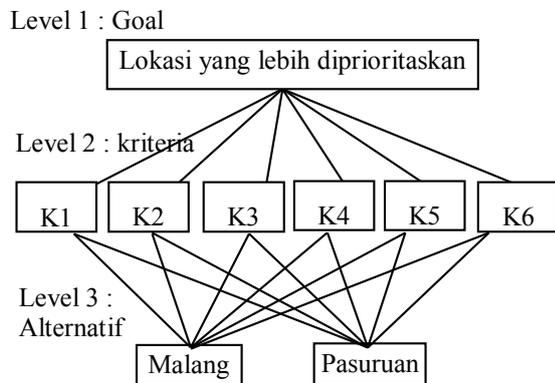
Metode pengumpulan data yang digunakan dalam kajian adalah metode wawancara, penyebaran kuisisioner, studi pustaka dan permintaan data langsung kepada pihak-pihak terkait.

Terdapat 3 kuisisioner yang digunakan dalam kajian ini yaitu:

- Kuisisioner pengukuran kinerja logistik rute Pelabuhan Tanjung Perak-Malang dan Pelabuhan Tanjung Perak-Pasuruan. Kuisisioner ini menggunakan penilaian skala likert dengan skala 1:sangat rendah, 2: rendah, 3: sedang, 4: tinggi dan 5:sangat tinggi. Variabel yang digunakan adalah sebagai berikut.
 - komoditas
 - V_{1.1} : frekuensi pengiriman komoditas
 - V_{1.2} : jumlah/volume pengiriman komoditas
 - pelayanan dan penyedia jasa logistik
 - V_{2.1} : kapasitas/daya tampung
 - V_{2.2} : kompetensi/kemampuan
 - infrastruktur transportasi
 - V_{3.1} : kondisi infrastruktur transportasi berbasis jalan
 - V_{3.2} : kondisi infrastruktur transportasi berbasis rel/kereta api
 - V_{3.3} : ketepatan waktu pengiriman pada rute pelabuhan - hinterland
 - V_{3.4} : konektivitas transportasi antar moda
 - V_{3.5} : kemudahan menetapkan biaya logistik yang kompetitif
 - infrastruktur komunikasi, informasi dan teknologi
 - V_{4.1}: kemudahan terkait kepabeanaan
 - V_{4.2}: kecepatan clearance komoditas
 - V_{4.3}: transparansi proses kepabeanaan
 - V_{4.4}: penggunaan teknologi komunikasi dan informasi dalam proses kepabeanaan
 - V_{4.5} : kemudahan dalam melacak dan mengetahui status pengiriman
 - V_{4.6} : ketepatan waktu dalam proses ekspor-impor
 - SDM petugas instansi pemerintah dan stakeholder lainnya
 - V_{5.1} : kuantitas SDM
 - V_{5.2} : kualitas SDM
 - regulasi, kebijakan dan standar dalam sistem logistik
 - V_{6.1} : ketersediaan

V_{6.2} : penerapan

- Kuisioner prioritas lokasi *dry port* yang ditawarkan. Penilaian kuisioner menggunakan skala *rating* 1 sampai dengan 9 yang digunakan oleh Thomas L. Saaty. Struktur hierarki yang digunakan dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 . Struktur Hierarki Keputusan

Keterangan:

- K1 : Kondisi topografi lokasi
- K2 : Aksesibilitas wilayah
- K3 : Kesesuaian dengan RTRW&Tatrawil Jawa Timur
- K4 : Potensi Hinterland
- K5 : Infrastruktur Transportasi
- K6 : Dukungan Kebijakan Pemda II

- Kuisioner preferensi calon pengguna jasa terhadap potensi *dry port*. Penilaian menggunakan skala *rating* yaitu: 1: pasti memilih *dry port*, 2: mungkin memilih *dry port*, 3: pilihan berimbang, 4: mungkin memilih *sislog existing* dan 5: pasti memilih *sislog existing*. Atribut yang ditawarkan berjumlah 7 dan masing-masing memiliki 2 level. Desain instrumen menggunakan *fractional factorial* dengan 16 skenario (Plan 7 AMCP 706-112,1972:12-18). Atribut dan level dapat dilihat pada tabel 1.

Metode analisa yang digunakan dalam kajian ada 3 yaitu:

- *Principle Component Analysis (PCA)* untuk menganalisis kinerja sistem logistik pada rute yang dikaji.
- *Stated Preference (SP)* menggunakan metode analisis data model logit binomial untuk menganalisis pemilihan penggunaan *dry port*.

- *Analytic Hierarchy Process (AHP)* untuk menganalisis prioritas lokasi *dry port* yang diusulkan.

Tabel 1. Atribut dan level atribut pemilihan sistem logistik

No	Atribut	Level atribut	
		Level rendah	Level tinggi
1	Dwelling time	5 hari	2 hari
2	Segel Elektronik	Tidak ada	Ada
3	Lead time	Sulit terprediksi	Terprediksi
4	Biaya transport dan pergudangan	2.5 juta	2 juta
5	Bebas biaya penumpukan	Tidak ada	5 hari pertama
6	Waktu Tempuh	4 jam	2 jam
7	Jalur Khusus Masuk ke Pelabuhan	Tidak ada	Ada

Penentuan sampel responden PCA dan SP menggunakan teknik *Slovin*:

$$n = \frac{N}{1 + N (e)^2}$$

dimana:

- 1 : konstanta
- n : jumlah sampel
- N :jumlah populasi (201 perusahaan EMKL/JPT)
- e : tingkat kesalahan (digunakan 5%)

Dengan demikian sampel minimal adalah 134 perusahaan. Dalam kajian ini diambil satu perusahaan rata-rata 3 responden. Responden AHP ditentukan sebanyak 25 orang yang berasal dari 5 instansi terkait.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan survei yang dilakukan, didapatkan responden untuk kuisioner penilaian kinerja logistik sebanyak 403 responden, kuisioner potensi penggunaan *dry port* sebanyak 405 responden dan kuisioner prioritas lokasi *dry port* sebanyak 25 responden. Data tersebut kemudian dianalisa secara deskriptif.

Kinerja Sistem Logistik

Kinerja sistem logistik dinilai berdasarkan indeks kinerja logistik. Untuk mendapatkan

model indeks kinerja logistik yang sama kedua rute, skor penilaian kedua rute pada setiap indikator dirata-rata sebagai data inputan metode PCA. Proses analisis PCA menggunakan bantuan program statistik. Indeks kinerja logistik masing-masing rute didapatkan dengan memasukkan skor penilaian setiap responden ke dalam model *component score* kinerja logistik dan kemudian dirata-rata. Berdasarkan hasil analisis metode PCA, dari 19 variabel awal terbentuk 6 variabel baru/komponen utama, dengan nilai KMO 0,739 (>0,50) dengan signifikansi 0,00 (<0,05) dan nilai eigen value 71,45% yang berarti komponen yang terbentuk mampu menerangkan variabel awal sebesar 71,45%. Keenam komponen utama tersebut yaitu:

- Komponen 1 (C1) dengan variabel pembentuk: $V_{4.1}, V_{4.2}, V_{4.3}, V_{4.4}, V_{4.5}, V_{4.6}$
- Komponen 2 (C2) dengan variabel pembentuk: $V_{3.1}, V_{3.2}, V_{3.3}, V_{3.4}, V_{3.5}$
- Komponen 3 (C3) dengan variabel pembentuk: $V_{6.1}, V_{6.2}$
- Komponen 4 (C4) dengan variabel pembentuk: $V_{1.1}, V_{1.2}$
- Komponen 5 (C5) dengan variabel pembentuk: $V_{2.1}, V_{2.2}$
- Komponen 6 (C6) dengan variabel pembentuk: $V_{5.1}, V_{5.2}$

Model *component score* yang dihasilkan yaitu:

$$*CS_1 = 0,213 V_{4.1} + 0,220 V_{4.2} + 0,227 V_{4.3} + 0,215 V_{4.4} + 0,215 V_{4.5} + 0,190 V_{4.6}$$

$$*CS_2 = 0,239 V_{3.1} + 0,237 V_{3.2} + 0,247 V_{3.3} + 0,238 V_{3.4} + 0,244 V_{3.5}$$

$$*CS_3 = 0,526 V_{6.1} + 0,526 V_{6.2}$$

$$*CS_4 = 0,552 V_{1.1} + 0,552 V_{1.2}$$

$$*CS_5 = 0,555 V_{2.1} + 0,555 V_{2.2}$$

$$*CS_6 = 0,617 V_{5.1} + 0,617 V_{5.2}$$

Berdasarkan hasil analisa, indeks kinerja logistik kedua rute hampir sama nilainya dan berada pada rentang sedang/cukup pada skala likert yaitu untuk rute Pelabuhan Tanjung Perak-Malang adalah 3,404 sedangkan rute Pelabuhan Tanjung Perak-Pasuruan adalah 3,414. Variabel

yang berada di bawah sedang/cukup adalah komoditas (rute Pelabuhan Tanjung Perak-Malang adalah 2,639 sedangkan rute Pelabuhan Tanjung Perak-Pasuruan adalah 2,693) dan infrastruktur transportasi (rute Pelabuhan Tanjung Perak-Malang adalah 2,923 sedangkan rute Pelabuhan Tanjung Perak-Pasuruan adalah 2,921).

Potensi Pemilihan *Dry Port*

Model utilitas selisih dengan bantuan program statistik yaitu:

$$U_D - U_E = -0,674 - 0,307\Delta X_1 - 1,854E-06 \Delta X_4 - 0,458\Delta X_6$$

Dimana :

$U_D - U_E$: utilitas selisih sistem logistik menggunakan *dry port* dengan sistem logistik *existing*

ΔX_1 : nilai selisih atribut *dwelling time*

ΔX_4 : nilai selisih atribut biaya transportasi dan pergudangan

ΔX_6 : nilai selisih atribut waktu tempuh perjalanan

Dari persamaan tersebut dapat diketahui dari 7 selisih atribut yang digunakan dalam pemodelan, 3 selisih atribut yang berpengaruh terhadap model utilitas selisih.

Nilai konstanta bertanda negatif (-0,674) menunjukkan pada nilai atribut sistem logistik menggunakan *dry port* sama dengan nilai atribut sistem logistik yang ada saat ini (tanpa *dry port*), maka nilai utilitas selisih akan bernilai negatif sehingga utilitas penggunaan *dry port* lebih kecil daripada utilitas sistem logistik *existing*. Nilai koefisien selisih atribut biaya transportasi dan pergudangan, *dwelling time* dan waktu tempuh perjalanan bernilai negatif menunjukkan bahwa semakin besar selisih atribut tersebut, maka semakin kecil utilitas selisih penggunaan *dry port* dalam sistem logistik oleh calon pengguna jasa. Nilai koefisien selisih atribut biaya transportasi dan pergudangan sangat kecil karena nilai selisih atribut dalam pemodelan bernilai sangat besar bila dibandingkan dengan nilai selisih atribut lainnya.

Nilai utilitas selisih seluruh skenario dari model di atas sebagai input model logit biner didapatkan probabilitas penggunaan *dry port* dan sistem logistik *existing* seperti pada tabel 2. Dari tabel tersebut, nilai probabilitas penggunaan *dry port* terkecil dalam sistem logistik pada rute yang

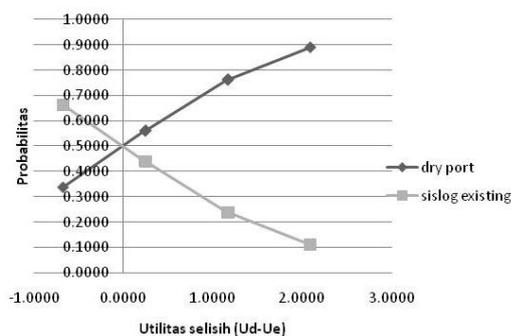
ditawarkan adalah 0.3374 atau 33.74% (lebih kecil daripada nilai probabilitas sistem logistik *existing* sebesar 0.6626 atau 66.26%) yaitu pada skenario 1 dan skenario 7 dimana nilai utilitas selisih bernilai negatif(-0.6740). Pada kedua skenario ini, nilai selisih ketiga atribut dalam model sama dengan nol atau nilai atribut sama dengan nilai atribut sistem logistik *existing*.

Tabel 2 . Probabilitas pemilihan penggunaan sistem logistik

No	Skenario	$U_{(d-e)}$	$e^{U(d-e)}$	P_d	P_e
1	S1&S7	-0.6750	0.5092	0.3374	0.6626
2	S3&S5	0.2410	1.2725	0.5600	0.4400
3	S2&S8	0.2460	1.2789	0.5612	0.4388
4	S11&S13	0.2490	1.2827	0.5619	0.4381
5	S4&S6	1.1620	3.1963	0.7617	0.2383
6	S9&S15	1.1650	3.2059	0.7622	0.2378
7	S12&S14	1.1700	3.2220	0.7631	0.2369
8	S10&S16	2.0860	8.0526	0.8895	0.1105

Sumber: Hasil Analisa Data Primer 2015

Nilai utilitas selisih bernilai positif terdapat pada skenario selain kedua skenario di atas. Utilitas selisih positif dengan nilai terkecil terdapat pada skenario 3 dan 5 yaitu 0,2410 dengan probabilitas pemilihan penggunaan *dry port* sebesar 0,5600 atau 56,00% dimana pada skenario ini selisih atribut *dwelling time* dan atribut biaya transportasi dan pergudangan sama dengan 0 sedangkan selisih atribut waktu tempuh perjalanan lebih cepat 2 jam. Nilai utilitas selisih positif terbesar terdapat pada skenario 10 dan 16 yaitu 2,086 dengan probabilitas pemilihan penggunaan *dry port* sebesar 0,8895 atau 88,95% dimana pada skenario ini *dwelling time* lebih cepat 3 hari, atribut biaya transportasi dan pergudangan lebih murah Rp. 500.000.- dan waktu tempuh perjalanan lebih cepat 2 jam.



Gambar 3 . Grafik probabilitas pemilihan

sistem logistik

Dari gambar 3 diketahui bahwa pada nilai utilitas selisih 0, grafik probabilitas kedua sistem logistik berpotongan pada nilai probabilitas 0,5 atau 50% sehingga pada titik ini pemilihan sistem logistik menggunakan *dry port* dengan sistem logistik *existing* adalah berimbang. Kondisi ini terjadi diantara skenario 1 dan skenario 7 (selisih atribut dalam model= 0) dengan skenario 3 dan skenario 5 (satu atribut memiliki level tinggi).

Elastisitas model pemilihan penggunaan *dry port* dihitung menggunakan elastisitas langsung dengan hasil seperti pada tabel 4. Berdasarkan tabel tersebut, probabilitas penggunaan *dry port* paling sensitif terhadap perubahan atribut biaya transportasi dan pergudangan. Nilai elastisitas atribut *dweiling time*, biaya transportasi dan pergudangan serta waktu tempuh perjalanan bernilai negatif (-) yang berarti apabila terjadi peningkatan nilai atribut tersebut, maka probabilitas penggunaan *dry port* akan menurun. Nilai elastisitas dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 . Elastisitas model pemilihan sislog

	Atribut		
	Δ well time	Δ biaya TP	Δ waktu tempuh
Δx	-3	-500000	-2
Ud1	-0.6750	-5.2360	-2.6670
Ud2	0.2460	-4.3830	-1.8190
Pd1	0.2848	0.2988	0.2999
Pd2	0.7152	0.7012	0.7001
ΔPd	0.4305	0.4024	0.4003
Elastisitas Langsung	-2.5197	-6.7334	-2.6699

Sumber: Hasil Analisa Data Primer 2015

Prioritas Lokasi *Dry Port*

Berdasarkan analisis prioritas lokasi *dry port*, pertimbangan penentuan lokasi *dry port* adalah infrastruktur transportasi (24,30%), potensi hinterland (20,50%), aksesibilitas wilayah lokasi (18,30%), kesesuaian lokasi dengan RTRW dan Tatrabil (15,00%), dukungan kebijakan Pemerintah Kabupaten/Kota tempat lokasi *dry port* (13,90%) dan kondisi topografi (7,80%). Dengan pertimbangan tersebut, lokasi pembangunan *dry port* di wilayah Pasuruan memiliki prioritas sebesar 57,66% atau lebih tinggi dari lokasi di

wilayah Malang yang memiliki nilai prioritas sebesar 42,34%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- Penilaian kinerja menggunakan 6 faktor yang terbentuk hasil analisis PCA yaitu faktor infrastruktur komunikasi, informasi dan teknologi, faktor infrastruktur transportasi, faktor regulasi, kebijakan dan standar sistem logistik, faktor komoditas, faktor pelayanan dan penyedia jasa logistik dan faktor sumber daya manusia petugas instansi pemerintah dan operator pelabuhan. Dari keenam faktor tersebut, faktor komoditas dan infrastruktur transportasi pada kedua rute memiliki nilai kurang dari cukup/sedang (skor < 3 skala likert).
- Terdapat 3 atribut yang dipertimbangkan calon pengguna jasa untuk beralih menggunakan *dry port* yaitu *dwelling time*, biaya transportasi dan pergudangan serta waktu tempuh perjalanan. Calon pengguna jasa masih memilih sistem logistik *existing* apabila nilai atribut yang ditawarkan sama dengan atribut sistem logistik yang ada saat ini. Pada kelompok skenario ini, probabilitas pemilihan penggunaan *dry port* adalah 33,74%. Probabilitas pemilihan penggunaan *dry port* lebih besar dari sistem *existing* berkisar 56,00% sampai dengan 88,95%. Berdasarkan elastisitasnya, penambahan nilai atribut akan menurunkan probabilitas penggunaan *dry port*.
- Wilayah Kabupaten Pasuruan memiliki bobot prioritas sebesar 57,66%, lebih tinggi dari Wilayah Kabupaten Malang sebesar 42,34% sebagai lokasi pembangunan *dry port*. Untuk mengoptimalkan pelaksanaan pembangunan *dry port* di lokasi tersebut maka diusulkan hal-hal sebagai berikut:
- meningkatkan jumlah komoditas unggulan dengan pengembangan sektor ekonomi khususnya bidang industri yang terpusat dan berlokasi berdekatan dengan lokasi rencana *dry port* sehingga memiliki konektifitas dan aksesibilitas yang tinggi dari keduanya serta mampu meningkatkan efisiensi waktu dan biaya logistik
- meningkatkan infrastruktur transportasi baik jalan seperti pelaksanaan pembangunan jalan tol maupun

transportasi berbasis rel seperti pelaksanaan pembangunan *double track* yang memiliki akses langsung ke wilayah pelabuhan (lebih direkomendasikan), sampai ke sisi dermaga sehingga mampu mengurangi waktu tempuh dan *dwelling time*

- memberikan pelayanan *clearance* atau pengurusan dokumen barang seperti kepabeanan dan karantina di *dry port* yang terintegrasi dengan *seaport* sehingga tidak terjadi tumpang-tindih pengurusan *clearance*/dokumen barang antara *dry port* dan *seaport*, barang langsung dapat dimuat ke/dibongkar dari kapal sehingga mengurangi potensi *double-handling cargo*.

Saran

- Untuk kajian/penelitian lebih lanjut dapat dilakukan kajian mengenai kelayakan ekonomi maupun kelayakan finansial pembangunan *dry port* di Malang dan Pasuruan serta kajian mengenai lokasi secara tepat pada wilayah Malang dan Pasuruan yang ideal untuk pengembangan *dry port*. Kajian yang menggunakan instrumen penelitian kuisisioner, untuk mendapatkan hasil kajian yang lebih akurat, pengambilan data disarankan menggunakan teknik wawancara secara langsung kepada responden sehingga informasi dalam kuisisioner dapat secara tepat dan seragam diterima oleh responden.
- Untuk pemerintah dan pihak terkait, dalam penentuan prioritas pembangunan *dry port* dilokasi yang telah direncanakan agar mempertimbangkan penilaian kriteria-kriteria dengan urutan: infrastruktur transportasi, potensi hinterland, aksesibilitas wilayah, kesesuaian dengan RTRW Propinsi dan Tatravail, dukungan pemerintah daerah tingkat II lokasi *dry port* dan kondisi topografi lokasi. Dalam pengoperasiannya, untuk keamanan dan jaminan kualitas pengiriman, kegiatan transportasi agar diselenggarakan oleh pihak pengelola *dry port*

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2012. Peraturan Presiden Nomor 26 Tahun 2012 Tentang Cetak Biru Pengembangan Sistem Logistik Nasional
- Anonim. 2012. Peraturan Daerah Provinsi Jawa Timur Nomor 5 Tahun 2012 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Provinsi Tahun 2011 – 2031
- Anonim. 2013. Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 4 Tahun 2013 Tentang Tataran Transportasi Wilayah Propinsi Jawa Timur Tahun 2012 – 2032
- Anonim. 1969. *Planning And Analysis Of Experiments*. <http://everyspec.com>
- Arvis, J.F dkk. 2014. *Connecting To Compete Trade Logistic In The Global Economy The Logistics Performance Index And Its Indicators*. World Bank Reports. Washington DC: World Bank.
- Badan Koordinasi Penanaman Modal. 2012. Identifikasi Peluang Investasi Pelabuhan Kontainer (Dry Port). Laporan Akhir.
- Dwitasari, Reslyana dkk. 2010. Penentuan Biaya Logistik Peti Kemas Dari Kawasan Industri Ke Singapura Melalui Pelabuhan Strategis. Laporan Akhir. Jakarta: Kementerian Riset dan Teknologi & Kemenerian Perhubungan.
- Jelantik, I M., Salain, I M. A. K. dan Nadiasa, Mayun. 2014. Analisis Faktor Yang Mempengaruhi Tenaga Kerja Konstruksi Untuk Memiliki Ska/Sktk Pada Kontraktor Di Kabupaten Badung. Jurnal Spektran. Badung: Teknik Sipil Universitas Udayana.
- Kroes, E.P. & Sheldon, R.J.1988. *Stated Preference Method : An Introduction*. Jurnal of Transport Economics And Policy.. Netherlands: Hague Consulting Group.
- Maharrani, R. H., Syukur, A. & Tyas Catur .2010. Penerapan Metode *Analytical Hierarchi Process* Dalam Penerimaan Karyawan Pada PT. Pasir Besi Indonesia. Jurnal Teknologi Informasi. Hal: 102-114.
- Semarang: Teknik Informatika Universitas Dian Nuswantoro.
- Richardson, Mark. 2009. *Principal Component Analysis*. <http://www.dsc.ufcg.edu>.
- Roso, V.,Woxenius, J., & Lumsden, Kenth. 2008. The Dry Port Concept: Connecting Container Seaports With The Hinterland. Journal of Transport Geography(2008). Hal: 1-8.Göteborg: Division of Logistics and Transportation, Chalmers University of Technology.
- Saaty, Thomas L. 2008. *Decision Making With The Analytic Hierarchy Process*. Int. J. Services Sciences. Pittsburgh: Katz Graduate School of Business,University of Pittsburgh,
- Wemezi, H Jovin J. & Huang, Youfang. 2012. *Inland Container Depot Integration Into Logistics Networks Based On Network Flow Model: The Tanzanian Perspective*. AfricanJournal of Business Management.. Shanghai: Logistics Research Center, Shanghai Maritime University.