
PEMODELAN RUTE BUS KAMPUS UNDIP TEMBALANG DENGAN APLIKASI SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG)

Askariman Putra Sulviawan¹ dan Bambang Susantono²

¹Mahasiswa Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

email :askarimanputra@gmail.com

Abstrak: Isu Global Warming dan Climate Change kini sedang marak diperbincangkan oleh masyarakat, peningkatan suhu bumi dan perubahan iklim yang ekstrim terjadi akibat banyaknya penggunaan energi yang berlebihan dan tidak memperhatikan aspek pemberdayaan lingkungan. Dengan adanya isu tersebut, Undip saat ini mengkampanyekan Undip Green Campus dengan menanam banyak bibit pohon di kawasan kampus Tembalang. Namun, program penanaman pohon ini dirasa kurang efektif untuk mengurangi emisi gas yang diakibatkan oleh kendaraan bermotor. Sistem transportasi yang berkelanjutan merupakan alternatif penghematan energi dengan memanfaatkan sistem transportasi massal. Dengan pemanfaatan penggunaan angkutan umum penumpang di kawasan kampus dapat mendukung program Undip Green Campus lebih dalam. Dapat dilihat setiap hari di kawasan kampus pada hari senin hingga jum'at, banyak sekali kendaraan pribadi warga kampus yang berlalu lalang hingga menyebabkan kemacetan di beberapa titik di kawasan kampus, kemudian juga banyak sekali kendaraan roda empat yang parkir di jalan (On Street Parking) yang mengurangi kapasitas jalan yang sangat mungkin menyebabkan kemacetan dan kecelakaan lalu lintas disana, maka untuk mengurangi resiko kecelakaan dan juga untuk mendukung Undip sebagai Kampus Hijau diperlukan pengendalian moda pergerakan warga kampus dengan mengurangi emisi karbon yang dihasilkan oleh kendaraan pribadi. Kegiatan studi ini bertujuan untuk merencanakan dan membangun model sistem transportasi angkutan umum penumpang (bus) kampus Undip berdasarkan potential demand atau pola permintaan perjalanan dari kegiatan warga kampus selama berada di kawasan kampus untuk memudahkan mobilitas pergerakan serta untuk meningkatkan penggunaan angkutan umum penumpang (bus) di kawasan kampus Undip Tembalang. Kebutuhan rencana rute perjalanan dimodelkan kedalam bentuk pemodelan dengan alat bantu ArcGis dengan tools Network Analyst yang akan menghasilkan gambaran rute terbaik perjalanan bus kampus. Berdasarkan hasil analisis dari studi ini didapat empat rute bus kampus yang dapat melayani permintaan perjalanan warga kampus dengan jumlah armada yang dibutuhkan untuk pengoptimalan kinerja rute adalah 14 armada bus sedang dengan kapasitas 120 penumpang dan waktu antara rata-rata setiap 3 menit pada jam sibuk dan 5 menit pada waktu normal.

Kata Kunci: Pemodelan Transportasi, Bus Kampus, ArcGis, Undip Green Campus

Abstract: The issue of Global Warming and Climate Change are now emerging discussed by the community, the increase in the earth's temperature and climate extreme changes occur due to the use of excessive energy and do not pay attention to the environmental aspects of empowerment. Given these issues, Undip campaign as a Green Campus by planting many trees in the campus area. However, this tree planting program it is less effective for reducing greenhouse gas emissions caused by motor vehicles. Sustainable transport system is an alternative to savings energy by utilizing mass transportation system. By exploiting the use of public transport passengers in the campus area can support the Undip Green Campus program deeper. Can be seen every day on campus on Monday to Friday, many private vehicles passing by campus residents to causes congestion at some point in the campus area, and also many four-wheeled vehicle that is parked on the street which reduces the

capacity of the road is likely to cause congestion and traffic accidents there. Then to reduce the risk of accidents and also to support Undip Green Campus as required control mode of movement of the campus by reducing carbon emissions generated by personal vehicle. Activity of this study aims to plan and build a model of public transport passenger transport system (bus) abased on the potential demand Undip campus or travel demand pattern of activity during the campus community college located in the region to facilitate the movement of mobility and to increase the use of public transport of passengers (bus) in Undip Tembalang campus. Needs the route plan is modeled in the form of modeling with Network Analyst tools on the ArcGIS applications that will produce the best picture of the campus bus trip. Based on the analysis of this study obtained four campus bus route that can serve travel demand campus residents with a fleet that is needed to optimize the performance of the bus fleet is currently 14 with a capacity of 120 passengers and an average headway every 3 minute on peak hour and 5 minute on normal time..

Keywords: *Transport Modeling, Campus Bus, ArcGIS, Undip Green Campus*

PENDAHULUAN

Pemanasan Global merupakan salah satu isu besar di dunia saat ini, isu besar yang memberikan dampak sangat besar bagi iklim dunia ini bahkan telah menjadi agenda utama Perserikatan Bangsa-bangsa (PBB) untuk segera dicegah dampak dari pemanasan global tersebut. Global Warming adalah suatu proses meningkatnya suhu rata rata atmosfer, laut, dan daratan Bumi. Meningkatnya suhu global diperkirakan akan menyebabkan perubahan-perubahan yang lain seperti naiknya permukaan air laut, meningkatnya intensitas fenomena cuaca yang ekstrem, serta perubahan jumlah dan pola presipitasi. Akibat-akibat pemanasan global yang lain adalah terpengaruhnya hasil pertanian, hilangnya gletser, dan punahnya berbagai jenis hewan.

Kebutuhan mendesak untuk menerapkan konsep teknologi ramah lingkungan masuk ke banyak sektor, tak terkecuali kalangan perguruan tinggi, namun konsep *green campus* masih belum banyak diterapkan oleh kampus-kampus di Indonesia, menurut Menteri Lingkungan Hidup, Balthasar Kambuaya, idealnya sebuah perguruan tinggi memiliki 30% kawasan hijau, namun sebagian besar perguruan tinggi Indonesia saat ini hanya memiliki sekitar 20% . Untuk mendukung program tersebut, Kementerian Lingkungan Hidup menunjuk lima kampus yakni Universitas Pattimura, Universitas Cendrawasih, Universitas Hasanudin, Universitas Sebelas Maret dan Universitas

Diponegoro yang akan menjadi pelaksana *green campus*.

Universitas Diponegoro dalam mendukung program *green campus* ini telah melaksanakan beberapa program seperti penanaman pohon di sekitar kawasan kampus, program green life dengan membiasakan warga kampus menggunakan sepeda ke kawasan kampus untuk menghemat energi dan sebagainya, dapat dilihat saat ini kampus Undip Tembalang sangat hijau dengan berbagai macam bunga dan pepohonan di boulevard jalan dan di sekitar lingkungan setiap fakultas di Undip. Namun dalam pengaplikasiannya masih banyak terdapat kekurangan-kekurangan di berbagai sisi seperti pembuatan jalur sepeda yang sebenarnya untuk penggunaan sepeda sendiri sangat jarang dan biasanya hanya digunakan pada event-event yang diselenggarakan oleh pihak kampus, kondisi geografis kawasan kampus Undip yang datarannya bergelombang merupakan faktor utama warga kampus Undip enggan untuk menggunakan sepeda ke kampus sehingga urgensi dari program ini tidak mengena sama sekali pada warga kampus.

Tingkat penggunaan kendaraan bermotor pribadi di kawasan kampus Undip Tembalang saat ini sangat tinggi, di prediksi sekitar 90% warga kampus Undip Tembalang memilih untuk menggunakan kendaraan pribadi untuk mendukung mobilitas selama di kampus karena mereka menganggap bahwa fasilitas angkutan umum penumpang yang ada di kawasan kampus

Undip Tembalang ini kurang memadai dan kurang dapat mendukung kebutuhan pergerakan setiap individu warga kampus. Imbas dari perilaku ini adalah banyaknya kendaraan pribadi yang berlalu-lalang di kawasan kampus dan membuat kemacetan karena kapasitas jalan sudah penuh, kemudian juga banyak sekali kendaraan yang parkir di tepi jalan sehingga makin mengurangi kapasitas jalan dan dapat meningkatkan tingkat kecelakaan. Dampak jangka panjang yang dirasakan dari banyaknya angka kendaraan pribadi di kampus adalah tingkat emisi gas buang yang sangat tinggi akan sangat merugikan banyak pihak, para warga kampus dan lingkungan juga tidak akan sehat, akibat emisi gas buang yang tinggi ini juga dapat mengganggu program Undip sebagai kampus hijau.

Hal tersebut menjadi dasar dilakukannya studi ini, perlu adanya suatu konsep transportasi untuk mendukung Undip sebagai kampus hijau dan konsep yang paling tepat untuk mendukung program *green campus* adalah penggunaan bus kampus yang nantinya dapat menekan laju penggunaan kendaraan pribadi dan dapat menekan laju emisi gas buang kendaraan bermotor. Tahap awal dalam penerapan konsep bus kampus ini adalah membangun sebuah model rute yang efisien sesuai dengan kebutuhan pergerakan warga kampus.

KAJIAN LITERATUR

Pemodelan Transportasi

Menurut Tamin (1997), model dapat didefinisikan sebagai bentuk penyederhanaan suatu realita (atau dunia yang sebenarnya); termasuk diantaranya:

- a. Model fisik (model arsitek, model teknik sipil, wayang golek, dan lainlain);
- b. Peta dan diagram (grafis);
- c. Model statistik dan matematika (persamaan) yang menerangkan beberapa aspek fisik, sosial-ekonomi, dan model transportasi.

Miro 2004, Perkembangan penggunaan model dalam berbagai studi dan riset dibidang transportasi berjalan seiring berkembangnya teknologi transportasi. Model dapat didefinisikan:

- a. Model adalah suatu representasi ringkas dan kondisi riil dan berwujud suatu bentuk rancangan yang dapat menjelaskan atau mewakili kondisi riil tersebut untuk suatu tujuan tertentu (Black, 1981; Miro 2004)
- b. Model adalah suatu representasi atau formalisasi dalam bahasa tertentu yang disepakati dari suatu kondisi nyata (Simatupang, 1995; Miro 2004)
- c. Model adalah suatu kerangka utama atau formulasi informasi/data tentang kondisi nyata yang dikumpulkan untuk mempelajari/menganalisis system nyata tersebut (Gordon, 1978; Miro 2004).

Pada dasarnya, definisi-definisi yang dikemukakan oleh pakar di atas memiliki inti yang sama yaitu sama-sama menekankan bahwa model itu berupa bentuk (wujud rancangan) yang berfungsi sebagai media (alat) penyampai pesan tentang apa yang terjadi di dunia nyata dan dapat mewakili dunia nyata secara keseluruhan sehingga memudahkan pemahaman bagi orang yang ingin mengamatinya (Miro, 2004)

Model yang sudah dibuat dalam wujud rancangan dan pernyataan lisan harus terlebih dahulu diperbandingkan kembali dengan kejadian di dunia nyata melalui cara pengujian apakah sudah sesuai untuk menginterpretasikan kejadian nyata yang diamati dengan model tersebut. Proses pengujian ini sering diistilahkan dengan validasi model atau uji keabsahan model. Validasi data ini dilakukan melalui proses kalibrasi dengan metode-metode statistik.

Beberapa model yang biasanya digunakan dalam merencanakan sistem transportasi di antaranya adalah:

1. Model Matematik dan Statistik
Model ini biasa digunakan untuk mengkaji, mengamati, menganalisis

sekaligus memprediksi jumlah kebutuhan atau jasa transportasi dari konsumen jasa transportasi dalam kurun waktu tertentu yang akan terjadi di masa mendatang.

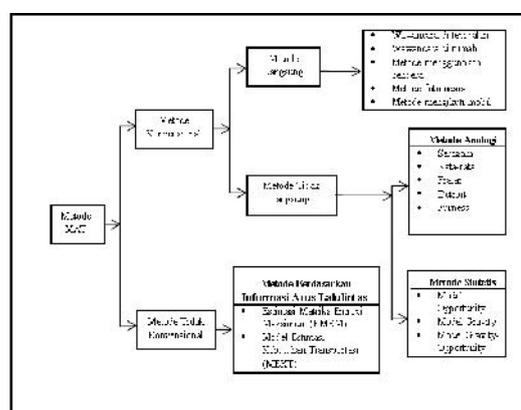
2. Analisis Jaringan (Network Analysis)
Model ini digunakan dengan konsep matematika untuk menerangkan tingkat pelayanan transportasi secara spasial (keruangan) dalam arti "Bagaimana suatu tempat dapat dihubungkan dengan tempat lain?" (transport connection), misalnya dengan memakai ruas jalan, rute, rute dan lain-lain

3. Model Asal-Tujuan (Origin-Destination Models)
Model ini dapat menerangkan secara kuantitatif (terukur) berapa jumlah arus lalu-lintas dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Arus lalu lintas ini dapat mencerminkan banyaknya permintaan jasa angkutan pada suatu lintasan rute tertentu, misalnya jumlah arus barang, orang, dan kendaraan dari lokasi A ke lokasi B. Informasi arus ini dapat digambarkan dalam bentuk tabel Matriks Asal-Tujuan (MAT) dan bisa juga dalam bentuk gambar keinginan perjalanan.

4. Model Rute dan Jadwal (Routing and Crew Scheduling Models)
Model ini sering dipakai dalam dunia transportasi sebagai alat untuk menginformasikan atribut-atribut pelayanan transportasi. Model ini dapat ditampilkan sebagai peta (jaringan) yang dilengkapi dengan data-data atribut pelayanan transportasi (jarak, waktu, ongkos), dan dapat pula berupa papan lembaran informasi yang berisikan daftar nama-nama lokasi zona (rute) beserta ruas/jalur tempuh yang juga dilengkapi dengan data-data atribut pelayanan transportasi.

Matriks Asal Tujuan

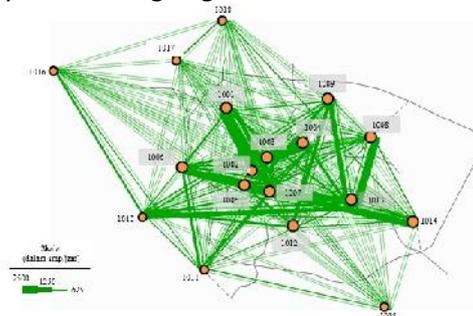
Matriks asal-tujuan atau MAT merupakan matrik berdimensi dua yang berisi informasi tentang jumlah pergerakan antar zona di dalam suatu daerah tertentu. Dalam sistem transportasi, MAT biasanya menggambarkan arus lalu lintas, orang atau barang yang bergerak dari satu tempat (asal) ke tempat lain (tujuan) pada suatu waktu tertentu (Junaedi, 2009). Ada dua metode untuk mendapatkan MAT, yaitu Metode Konvensional dan Metode Tidak Konvensional.



Sumber: Junaedi, 2009

Gambar 1
Metode Estimasi MAT

Pola sebaran pergerakan yang dihasilkan oleh MAT ini dapat digambarkan dengan garis keinginan (Desire Line). Garis Keinginan adalah garis lurus yang menghubungkan asal dan tujuan sebuah pergerakan. Pola persebaran penduduk yang dinyatakan dengan garis.



Sumber: bicartransportasi.wordpress.com

Gambar 2
Contoh Desire Line

Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis adalah sebuah sistem yang digunakan untuk memanipulasi data geografis. Sistem ini diimplementasikan dengan perangkat keras dan perangkat lunak komputer yang berfungsi untuk akusisi dan verifikasi data, kompilasi data, penyimpanan data, perubahan dan pembaharuan data, manajemen dan pertukaran data, manipulasi data, pemanggilan dan presentasi data serta analisa data. (Bernhardsen, 2002).

Pengertian informasi geografis adalah informasi mengenai tempat-tempat yang terletak di permukaan bumi, pengetahuan mengenai posisi dimana suatu objek terletak dipermukaan bumi dan informasi mengenai keterangan-keterangan tambahan (atribut) yang terdapat dipermukaan bumi yang posisinya diketahui. Objek-objek dan fenomena-fenomena dimana lokasi geografis itu berada dan penting di analisis demi pengambilan keputusan-keputusan atau demi kepentingan-kepentingan tertentu.

GIS menyediakan sarana komunikasi yang memungkinkan untuk pemahaman interaktif antara masyarakat dan ahli transportasi (Alterkawi, 2001). Sistem informasi geografis (SIG) merupakan sebuah sistem berbasis komputer yang digunakan untuk mengumpulkan, menyimpan, menggabungkan mengatur, mentransformasi, memanipulasi dan menganalisis data – data geografis. Data geografis terdiri dari data spasial dan atribut.

ArcGIS Network Analyst

Analisis Jaringan (Network Analyst) ArcGIS adalah ekstensi untuk analisis spasial berbasis jaringan seperti rute, arah perjalanan, fasilitas terdekat, dan analisis wilayah jangkauan layanan. Hal ini memungkinkan pengguna untuk secara dinamis memodelkan kondisi jaringan yang realistis, seperti pembatasan gilirannya, batas kecepatan, batas tinggi, dan kondisi lalu lintas pada waktu yang berbeda dalam sehari. (Elizabeth Shafer, 2005)

Analisis Jaringan ArcGIS dapat digunakan untuk menentukan

- Analisis waktu perjalanan
- Rute satu titik ke titik lainnya
- Arah rute
- Jangauan daerah pelayanan
- Jalur terpendek
- Rute Optimum
- Fasilitas terdekat
- Analisis Asal - tujuan

Analisis jaringan dalam sistem informasi geografis (GIS) dapat memberikan dukungan keputusan yang baik bagi pengguna yang tertarik pada analisis jalur terpendek atau rute optimal, menemukan fasilitas terdekat dan menentukan area layanan. Mencari jalur terpendek atau optimal adalah fungsi penting dalam analisis GIS. Hal ini juga salah satu fungsi yang paling penting dalam analisis jaringan GIS.

Perhitungan Waktu Antara (Headway) dan Kebutuhan Armada Bus

Perhitungan jumlah armada yang seharusnya disediakan baik pada peak hour maupun off peak dengan menggunakan langkah-langkah sebagai berikut:

$$Q = P_{max} / P$$

Keterangan:

Q = jumlah kendaraan dalam satuan waktu tertentu (kendaraan/jam)

P_{max} = kapasitas penumpang analisa (penumpang/jam)

P = Kapasitas Penumpang

Waktu antara kendaraan ditetapkan berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$H_t = 60 \text{ menit} / Q$$

Keterangan:

H_t = tingkat kedatangan kendaraan dalam 1 jam (kendaraan/jam) dalam satuan waktu tertentu. Perhitungan headway dapat diturunkan dari frekuensi perjalanan kendaraan (Setiawan dalam Mulyatina, 2003)

Jumlah armada per waktu sirkulasi yang diperlukan dihitung dengan formula:

$$K = RTT / Ht$$

Keterangan:

K = Jumlah kendaraan

RTT = Waktu sirkulasi (menit) (telah dihitung dan di analisis menggunakan network analyst)

Ht = Waktu antara (menit)

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan analisis kuantitatif deskriptif. Analisis deskriptif kuantitatif merupakan metode yang terdiri dari pengumpulan, pengolahan, penaksiran, dan penarikan kesimpulan dari data statistik untuk menguraikan masalah. Berikut adalah tahapan analisis penelitian:

1. Analisis Pola Permintaan Perjalanan Warga Kampus Tembalang

Analisis ini bertujuan untuk menggambarkan pola permintaan perjalanan warga kampus. Penggambaran permintaan perjalanan warga kampus ini akan menjelaskan pola pergerakan warga kampus selama berada di kawasan kampus berdasarkan kuesioner *travel diary*. Data pola permintaan perjalanan ini di dapat dari hasil kuesioner dengan jumlah responden sebanyak 270 warga kampus Undip Tembalang dan akan di masukkan ke dalam tabel Matrix Origin Destination (matriks asal tujuan) dimana matriks ini sudah ada di dalam tools analisis network analyst di dalam alat bantu ArcGIS yang kemudian hasil dari Matriks OD akan menggambarkan pola permintaan perjalanan yang dapat dilihat dari tebal tipisnya garis *desire line* yang dibuat oleh ArcGIS tersebut.

2. Analisis Jaringan Jalan di Kampus Undip Tembalang

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui kondisi jaringan jalan di Kampus Undip Tembalang. Analisis ini menggunakan alat bantu ArcGIS dimana alat bantu ini memerlukan data kecepatan rata-rata kendaraan pada tiap ruas jalan, waktu tempuh dan panjang jalan yang ada di Kampus Undip Tembalang. Data tersebut didapat dari hasil observasi langsung ke lapangan dan kemudian data di masukkan ke dalam Shapefile jaringan jalan Undip. Dalam analisa jaringan ini diperlukan data-data shapefile (.shp) untuk mendukung analisa pada ArcGIS.

3. Analisis pemilihan rute yang optimal berdasarkan pola permintaan perjalanan warga kampus dengan aplikasi ArcGIS

Analisis pemilihan rute berdasarkan pola permintaan perjalanan warga kampus ini bertujuan untuk melihat bagaimana rute bus kampus yang optimal berdasarkan pola permintaan jalan warga kampus. Pemilihan rute didasarkan pada garis-garis *desire line* atau garis permintaan pergerakan dari hasil analisis pola permintaan perjalanan, garis tertebal dari hasil analisis pola permintaan perjalanan warga kampus dianggap sebagai rute utama bus kampus dan garis dengan ketebalan tidak tebal akan dijadikan rute kedua.

4. Pengaturan Headway dan penentuan jumlah armada bus kampus

Analisis ini dilakukan berdasarkan hasil dari kuesioner catatan perjalanan (*travel diary*) yang disebarkan ke warga kampus, pengaturan headway disesuaikan dengan kecenderungan perjalanan warga kampus dimana jika jam padat maka pengaturan headway dipercepat sedangkan pada jam tidak sibuk maka headway bisa berubah lebih lentang. Penentuan lokasi

shelter atau halte akan di tentukan berdasarkan lokasi tujuan dari warga kampus dalam memenuhi pergerakannya. Kemudian dari penentuan headway dapat diketahui berapa jumlah armada yang harus beroperasi di Kampus Undip Tembalang.

5. Analisis Jangkauan Pelayanan Rute Bus Kampus

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui berapa jauh jangkauan pelayanan rute bus kampus yang dibuat dan apakah sudah melayani seluruh kawasan kampus Undip Tembalang. Analisis ini menggunakan alat analisis dalam ArcGIS yaitu buffer. Buffer ini akan menunjukkan besaran luas jangkauan dengan membentuk polygon sepanjang jalur rute bus kampus dengan radius yang ditentukan sesuai standar.

HASIL PEMBAHASAN

Permintaan Perjalanan Warga Kampus

Analisis permintaan perjalanan warga kampus Undip Tembalang ini dilakukan dengan cara menyebar kuesioner berupa "Travel Diary" atau catatan perjalanan warga kampus. Responden diberikan kuesioner tersebut dengan maksud untuk mengetahui kegiatan warga kampus selama berada di dalam kawasan kampus mulai pukul 06.00 s/d 18.00 WIB. Catatan perjalanan yang diminta kepada warga kampus adalah kegiatan yang dilakukan selama hari Selasa dan hari Rabu karena hari Selasa dan hari Rabu merupakan hari normal dalam satu minggu, pembagian waktu pukul 06.00 s/d 18.00 disesuaikan dengan jam awal dan akhir kegiatan perkuliahan dan juga jam operasional bus kampus yang akan beroperasi sehingga didapat data permintaan perjalanan warga kampus pada hari normal di kawasan kampus Undip Tembalang dan data jumlah warga kampus yang masuk dan keluar kampus pada jam sibuk dan jam tidak sibuk yang kemudian dapat mengatur waktu antara bus kampus.

Kawasan kampus Undip dibagi menjadi 24 zona internal kampus agar pembebanan sampling seimbang dan pola permintaan perjalanan akan tersebar merata, berikut pembagian zona internal kampus Undip:

Zona Kampus	Coding	Zona Kampus	Coding
Gerbang Undip depan	A	FH	M
Gerbang Undip GSG	B	FEB	N
T.1 (Geologi, Sipil)	C	FISIP	O
T. 2 (PWK, Ind, Ars)	D	FIB	P
T.3 (Kimia, Mesin)	E	F. Psikologi	Q
T.4 (Elektro, GKB)	F	Widya Puraya	R
D3 Teknik	G	Rektorat	S
FSM	H	ICT	T
FPP	I	Lab Terpadu	U
FPIK	J	PKM Undip	V
FKM	K	Masjid Kampus	W
FK	L	Gd. Sudarto	X

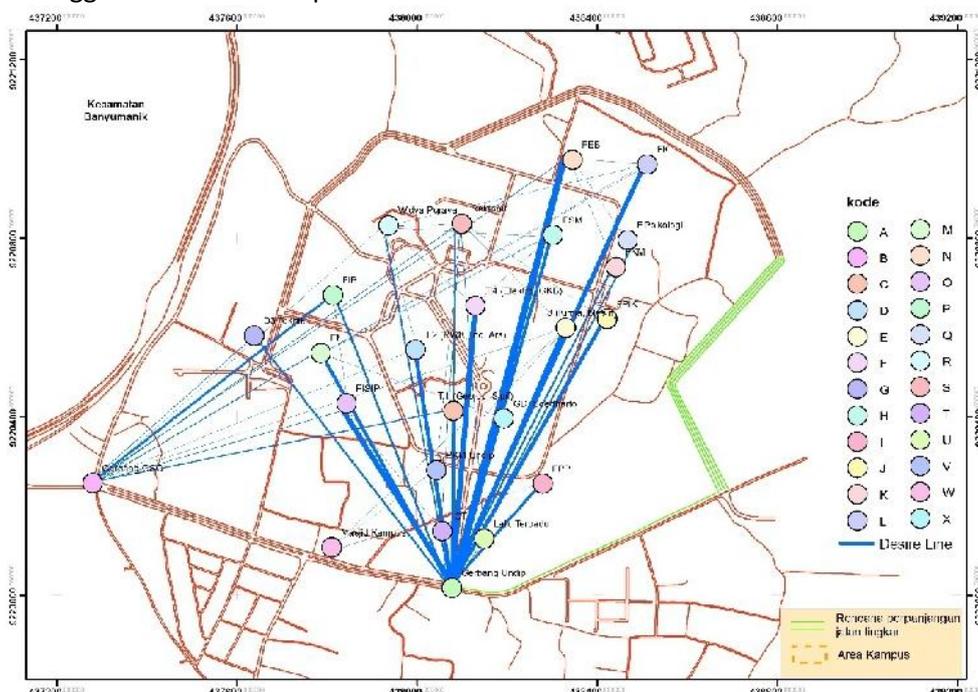
Sumber: Analisis Peneliti, 2014

Analisis permintaan perjalanan warga kampus Undip Tembalang ini dilakukan dengan cara menyebar kuesioner berupa "Travel Diary" atau catatan perjalanan warga kampus. Responden diberikan kuesioner tersebut dengan maksud untuk mengetahui kegiatan warga kampus selama berada di dalam kawasan kampus mulai pukul 06.00 s/d 18.00 WIB. Catatan perjalanan yang diminta kepada warga kampus adalah kegiatan yang dilakukan selama hari Selasa dan hari Rabu karena hari Selasa dan hari Rabu merupakan hari normal dalam satu minggu, pembagian waktu pukul 06.00 s/d 18.00 disesuaikan dengan jam awal dan akhir kegiatan perkuliahan dan juga jam operasional bus kampus yang akan beroperasi sehingga didapat data permintaan perjalanan warga kampus pada hari normal di kawasan kampus Undip Tembalang dan data jumlah warga kampus yang masuk dan kDari hasil

penggabungan matriks asal tujuan mahasiswa, dosen dan staf akademik di atas semakin terlihat bahwa pergerakan warga kampus lebih dominan pada pergerakan dari pintu gerbang Undip menuju lokasi kegiatan masing-masing dan begitu juga arah sebaliknya, hal ini mengindikasikan bahwa warga kampus jarang melakukan pergerakan keluar dari kampus atau pusat kegiatan di Undip.

Dapat dilihat dari garis desire line atau garis keinginan hasil dari penggabungan matriks asal tujuan warga kampus pada gambar 3 menggambarkan bahwa permintaan

perjalanan internal kampus Undip tersebar merata ke seluruh zona dan sedikit terlihat yang melakukan pergerakan antar kampus atau antar pusat kegiatan yang ada di kampus Undip. Garis tertebal menandakan pergerakan terbanyak menuju zona Fakultas Ekonomika dan Bisnis dikarenakan jumlah mahasiswa yang lebih banyak dan terpusat di satu lokasi, jika dibandingkan dengan Fakultas Teknik yang lebih banyak jumlah mahasiswa, dosen dan staf akademik namun garis yang di munculkan tidak setebal garis Fakultas Ekonomika dan Bisnis karena zona yang tersebar di seluruh zona Fakultas Teknik.



Sumber: Analisis Peneliti, 2014

Gambar 3

Desire Line Kampus Undip Tembalang

Jaringan Jalan Kampus Undip

Analisis jaringan jalan kampus Undip Tembalang ini dilakukan untuk mengetahui panjang ruas jalan, kecepatan rata-rata kendaraan dan waktu perjalanan pada ruas-ruas jalan yang ada di dalam kampus Undip Tembalang. Analisis ini dilakukan dengan salah satu tools sisten informasi geografis yaitu ArcGIS. ArcGIS dalam penggunaan analisis ini menggunakan data vector dengan format .shp yang di dalamnya sudah terdapat atribut data panjang jalan, data kecepatan per

ruas jalan di dapat dari survey langsung di lapangan menggunakan kendaraan roda empat karena dianggap dapat mewakili kecepatan bis dalam melakukan perjalanan di dalam kampus Undip.

Berdasarkan hasil analisis, terdapat dua belas ruas jalan yang akan digunakan sebagai jalur dari rute bus kampus, dua belas ruas jalan tersebut sudah diberi nama jalan untuk memperjelas jalur yang akan dilewati, berikut hasil dari analisis jaringan jalan kampus Undip:

Nama Jalan	Kecepatan Rata-rata Km/Jam (v)	Panjang Jalan (M) (l)	Waktu Tempuh Perjalanan (D) $((l/v*60)*60)$
Jl. Adenium	32.50	209.336	23.187
Jl. Anggrek	35.50	1181.140	119.777
Jl. Anyelir	30.00	187.404	22.488
Jl. Aster	37.25	419.030	40.496
Jl. Jasmine	35.25	877.123	89.578
Jl. Kateliya	32.50	428.914	47.510
Jl. Mawar	32.50	407.968	45.190
Jl. Palembang	30.00	199.401	23.928
Jl. Prof Sudharto	45.00	1833.865	146.709
Jl. Teratai	30.50	430.872	50.857
Jl. Tulip	35.00	247.690	25.476
Jl. Violet	37.50	1611.976	154.749

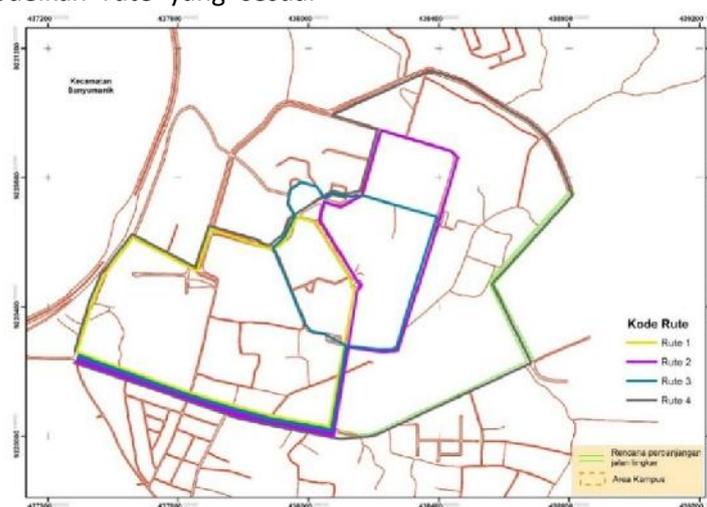
Sumber: Analisis Peneliti, 2014

Rute Bus Kampus Berdasarkan Pola Permintaan Perjalanan Warga Kampus

Berdasarkan hasil analisis pola permintaan perjalanan warga kampus Undip Tembalang, pola pergerakan warga kampus lebih cenderung kepada pergerakan satu arah, dimana pergerakan satu arah ini dimulai dari pintu gerbang Undip kemudian tersebar ke seluruh zona di kampus Undip Tembalang. Maka dalam memodelkan rute yang sesuai

dengan hasil analisis permintaan perjalanan, model rute akan dibuat agar akses menuju tiap zona lebih efisien sehingga memudahkan warga kampus untuk mengakses lokasi tujuan yang diinginkan namun tetap mempertimbangkan permintaan pergerakan antar kampus.

Pemodelan dalam ArcGIS menggunakan ekstensi Network Analyst dimana ekstensi ini membutuhkan data panjang ruas jalan, kecepatan rata-rata kendaraan yang melalui ruas jalan di kampus dan waktu tempuh yang diperlukan untuk menjangkau akses jalan tersebut. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, untuk melayani seluruh potensi pergerakan yang ada dan memperhatikan asumsi bahwa seluruh warga kampus harus terlayani maka didapat 4 rute bus kampus. 4 rute bus kampus ini sudah mempertimbangkan cakupan pelayanan yang mampu mengakomodir potensi pergerakan masuk dan keluar wilayah kampus, penggunaan jumlah rute dibawah 4 akan menyebabkan potensi pergerakan tidak bisa dilayani oleh bus kampus, dan waktu perjalanan bus pada tiap rute akan semakin panjang dan tidak efisien. Berikut penentuan rute bus kampus yang terdiri dari empat rute:



Sumber: Analisis Peneliti, 2014

Gambar 4
Hasil Analisis Rute Bus Kampus Undip Tembalang Dengan ArcGIS

Rute bus kampus dibagi menjadi empat rute yang menjangkau seluruh pusat kegiatan di kampus, rute diawali dari lokasi

gedung parkir di GSG yang kemudian melayani seluruh kawasan internal kampus dengan rincian sebagai berikut:

Rute	Jalur	Titik Henti	Panjang Rute (km)	Kecepatan Rata-rata (km/jam)	Waktu Perjalanan (detik)
1	Jl. Prof Sudharto – Jl. Jasmine – Jl. Teratai – Jl. Palem – Jl. Kateliya – Jl. Aster – Jl. Prof Sudharto.	Gerbang Undip depan PWK, Industri, Geologi FIB, FISIP, FH D3 Teknik	2.688	34.5	280 + 120 detik (4 titik henti x 30 detik) = 400 detik = 6 menit 40 detik
2	Jl. Prof Sudharto – Jl. Jasmine – Jl. Anggrek – Jl. Adenium – Jl. Teratai – Jl. Jasmine – Jl. Prof Sudharto.	Gerbang Undip depan Teknik Kimia Teknik Mesin FPIK, FKM, FSM F.Psikologi, FK FEB Teknik Elektro GKB, Dekanat Teknik Pternakan, Lab Terpadu.	4.055	35.5	411 + 270 detik (9 titik henti x 30 detik) = 681 detik = 11 menit 21 detik
3	Jl. Prof Sudharto – Jl. Jasmine – Jl. Mawar – Jl. Teratai – Jl. Anyelir – Jl. Teratai – Jl. Tulip – Jl. Anggrek – Jl. Jasmine – Jl. Prof Sudharto.	ICT PKM Undip Teknik Arsitektur, Teknik Sipil Widya Puraya Rektorat Teknik Elektro Teknik Mesin Teknik Kimia, Dekanat Pternakan Lab. Terpadu	3.884	35	400 + 270 detik (9 titik henti x 30 detik) = 670 detik = 11 menit 10 detik
4	Jl. Aster – Jl. Kateliya – Jl. Palem – Jl. Teratai – Jl. Adenium – Jl. Anggrek – Jl. Violet – Jl Prof Sudharto.	D3 Teknik FIB, FISIP, FH Rektorat FEB FK Rusunawa Gerbang Undip.	4.784	35	493 + 180 detik (6 titik henti x 30 detik) = 673 detik = 11 menit 3 detik

Sumber: Analisis Peneliti, 2014

Identifikasi Waktu Kegiatan Kampus

Banyak kegiatan yang ada di dalam lingkungan kampus sebagai kawasan pendidikan dan kegiatan tersebut tersebar dari pagi hingga malam hari. Kaitannya identifikasi waktu kegiatan ini adalah untuk melihat pada waktu kapan jam sibuk (peak hour) dan tidak sibuk (off peak) kampus sehingga dapat di tentukan waktu antara

(headway) pada jam sibuk dan jam tidak sibuk.

Dari hasil survei travel diary yang dilakukan dengan menggunakan kuesioner yang menanyakan tentang jam masuk dan keluar kampus di dapat bahwa jam sibuk kampus terdapat pada pukul 07.00 – 09.00 dan jam 16.00-17.00.

Pukul	Pergerakan	Persentase
6.00-7.00	22	3.58%
7.00-8.00	99	16.12%
8.00-9.00	65	10.59%
9.00-10.00	43	7.00%
10.00-11.00	39	6.35%
11.00-12.00	32	5.21%
12.00-13.00	49	7.98%
13.00-14.00	50	8.14%
14.00-15.00	34	5.54%
15.00-16.00	38	6.19%
16.00-17.00	113	18.40%
17.00-18.00	30	4.89%
Total	614	100%

Sumber: Analisis Peneliti, 2014

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa jam padat atau peak hour kawasan kampus Undip Tembalang adalah pada pukul 7.00-8.00 dengan 99 pergerakan masuk keluarkampus dari 614 total pergerakan dan pada pukul 16.00-17.00 dengan 113 pergerakan. Hal ini disebabkan karena pada jam tersebut merupakan jam masuk dan keluar kantor dimana lebih banyak pergerakan dari dosen dan staf akademik Undip, sedangkan mahasiswa lebih beragam karena jadwal kuliah tersebar dari pagi hingga sore hari setiap harinya.

Perhitungan Waktu Antara dan Kebutuhan Armada

Perhitungan jumlah armada yang seharusnya disediakan baik pada peak hour

	Pukul	Persentase Penumpang	Potensi Penumpang per jam	Jumlah kendaraan per jam	Waktu Antara	Jumlah Armada
				$Q = P_{max} / P$	$Ht = 60/Q$	$K = RTT/Ht$
Rute 1 Potensi Penumpang: T PWK T Industri T Geologi T Lingkungan T Geodesi T Perkapalan	6.00-7.00	3.58%	610	5	11.80	1
	7.00-8.00	16.12%	2746	23	2.62	3
	8.00-9.00	10.59%	1803	15	3.99	2
	9.00-10.00	7.00%	1193	10	6.04	1
	10.00-11.00	6.35%	1082	9	6.66	1
	11.00-12.00	5.21%	888	7	8.11	1
	12.00-13.00	7.98%	1359	11	5.30	1
	13.00-14.00	8.14%	1387	12	5.19	1
14.00-15.00	5.54%	943	8	7.64	1	

maupun off peak dengan menggunakan langkah-langkah sebagai berikut:

$Q = P_{max} / P$

Keterangan:

Q = jumlah kendaraan dalam satuan waktu tertentu (kendaraan/jam)

P_{max} = kapasitas penumpang analisa (penumpang/jam)

P = Kapasitas Penumpang

Waktu antara kendaraan ditetapkan berdasarkan rumus sebagai berikut:

$Ht = 60 \text{ menit} / Q$

Keterangan:

Ht = tingkat kedatangan kendaraan dalam 1 jam (kendaraan/jam) dalam satuan waktu tertentu. Perhitungan headway dapat diturunkan dari frekuensi perjalanan kendaraan (Setiawan dalam Mulyatina, 2003)

Jumlah armada per waktu sirkulasi yang diperlukan dihitung dengan formula:

$K = RTT / Ht$

Keterangan:

K = Jumlah kendaraan

RTT = Waktu sirkulasi (menit) (telah dihitung dan di analisis menggunakan network analyst)

Ht = Waktu antara (menit)

Hasil dari perhitungan waktu antara dan jumlah armada dari ketentuan perhitungan diatas adalah sebagai berikut:

	Pukul	Persentase Penumpang	Potensi Penumpang per jam	Jumlah kendaraan per jam	Waktu Antara	Jumlah Armada	
				$Q = P_{max} / P$	$Ht = 60/Q$	$K = RTT/Ht$	
T Siskom	15.00-16.00	6.19%	1054	9	6.83	1	
FIB	16.00-17.00	18.40%	3134	26	2.30	3	
FISIP	17.00-18.00	4.89%	832	7	8.65	1	
FH							
D3 Teknik	Total	100%	17029				
Rute 2	6.00-7.00	3.58%	560	5	12.85	1	
	7.00-8.00	16.12%	2521	21	2.86	3	
	Potensi Penumpang:	8.00-9.00	10.59%	1655	14	4.35	1
	T Kimia	9.00-10.00	7.00%	1095	9	6.58	1
	T Mesin	10.00-11.00	6.35%	993	8	7.25	1
	FPIKFSM FKM	11.00-12.00	5.21%	815	7	8.84	1
	F Psikologi FK	12.00-13.00	7.98%	1248	10	5.77	1
	T Elektro	13.00-14.00	8.14%	1273	11	5.65	1
	T Lingkungan	14.00-15.00	5.54%	866	7	8.32	1
	T Geodesi	15.00-16.00	6.19%	968	8	7.44	1
	T Perkapalan	16.00-17.00	18.40%	2878	24	2.55	3
	TSiskom	17.00-18.00	4.89%	764	6	9.42	1
		Total	100%	15636			
Rute 3	6.00-7.00	3.58%	409	3	17.60	1	
	Potensi Penumpang:	7.00-8.00	16.12%	1841	15	3.91	3
	ICT, T Sipil	8.00-9.00	10.59%	1209	10	5.96	2
	T Arsitektur	9.00-10.00	7.00%	799	7	9.01	1
	Widya Puraya	10.00-11.00	6.35%	725	6	9.93	1
	Rektorat	11.00-12.00	5.21%	595	5	12.10	1
	T Elektro	12.00-13.00	7.98%	911	8	7.90	1
	T Mesin	13.00-14.00	8.14%	930	8	7.74	1
	FPIKFKM	14.00-15.00	5.54%	632	5	11.39	1
	T Kimia	15.00-16.00	6.19%	707	6	10.19	1
	F Peternakan	16.00-17.00	18.40%	2101	18	3.43	3
	Lab Terpadu	17.00-18.00	4.89%	558	5	12.91	1
		Total	100%	11416			
Rute 4	6.00-7.00	3.58%	625	5	11.53	1	
	Potensi Penumpang:	7.00-8.00	16.12%	2811	23	2.56	4
	D3 Teknik	8.00-9.00	10.59%	1846	15	3.90	3
	FIB	9.00-10.00	7.00%	1221	10	5.90	2
	FISIP	10.00-11.00	6.35%	1107	9	6.50	2
	FH	11.00-12.00	5.21%	909	8	7.92	1
	Widya Puraya	12.00-13.00	7.98%	1391	12	5.17	2
	Rektorat	13.00-14.00	8.14%	1420	12	5.07	2
	FEB	14.00-15.00	5.54%	965	8	7.46	1
	FK	15.00-16.00	6.19%	1079	9	6.67	2
		16.00-17.00	18.40%	3209	27	2.24	5
	17.00-18.00	4.89%	852	7	8.45	1	
	Total	100%	20834				

Sumber: Analisis Peneliti, 2014

Perhitungan *headway* untuk pengoperasionalan bus dibagi menjadi tiga bagian waktu yaitu pagi, siang dan sore

dengan mengambil jam terpadat pada masing-masing bagian waktu.

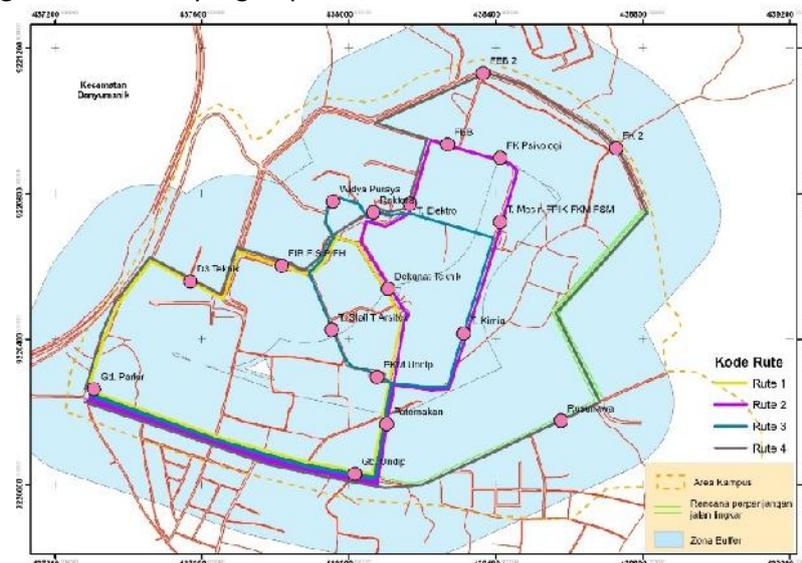
Rute	waktu	Waktu Antara (Menit)	Jumlah Armada/jam	Pnp/armada
1	6.00-9.00	2.62 = 3 menit	3	120
	9.00-15.00	5.19 = 5 menit	1	120
	15.00-18.00	2.30 = 3 menit	3	120
2	6.00-9.00	2.86 = 3 menit	2	120
	9.00-15.00	5.65 = 6 menit	1	120
	15.00-18.00	2.55 = 3 menit	3	120
3	6.00-9.00	3.91 = 4 menit	3	120
	9.00-15.00	7.74 = 8 menit	1	120
	15.00-18.00	3.43 = 3 menit 30 detik	3	120
4	6.00-9.00	2.56 = 3 menit	4	120
	9.00-15.00	5.07 = 5 menit	2	120
	15.00-18.00	2.24 = 2 menit 30 detik	5	120

Sumber: Analisis Peneliti, 2014

Analisis Jangkauan Pelayanan Rute Bus Kampus

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 03/PRT/M/2014 tentang Pedoman Perencanaan, Penyediaan dan Pemanfaatan Prasarana dan Sarana Jaringan Pejalan Kaki di Kawasan Perkotaan, kenyamanan orang untuk berjalan kaki di kawasan dengan cuaca yang panas,

maksimum orang akan berjalan sejauh 400 meter. Kondisi cuaca di kawasan kampus Undip Tembalang yang cukup panas dan bentuk lahan berkontur yang cukup curam juga mempengaruhi keinginan untuk berjalan kaki, menurut hasil wawancara dengan warga kampus rata-rata maksimum berjalan untuk mencapai fasilitas kampus adalah ± 200 m.



Sumber: Analisis Peneliti, 2014

Gambar 5
Jangkauan Pelayanan Rute Bus Kampus

Berdasarkan hasil analisis jangkauan pelayanan dengan *buffer distance* 200 m,

seluruh kawasan kampus Undip Tembalang yang memiliki permintaan pergerakan sudah

terlayani secara menyeluruh, dapat dilihat pada gambar peta jangkauan pelayanan diatas, hampir seluruh kawasan kampus sudah tertutupi oleh *polygon buffer*. Terdapat bagian yang tidak tertutup di bagian utara kampus, kawasan tersebut adalah hutan Kota Semarang dan tidak memiliki permintaan pergerakan untuk menuju kesana sehingga daerah tersebut tidak terlayani.

KESIMPULAN & REKOMENDASI

Kesimpulan

Berdasarkan seluruh pembahasan dalam studi mengenai Pemodelan Rute Bus Kampus Undip Tembalang Dengan Aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG), dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu:

1. Permintaan perjalanan *internal* warga kampus Undip Tembalang yang terdiri dari mahasiswa, dosen dan staf akademik cenderung melakukan pergerakan satu arah yaitu pergerakan dari depan pintu kampus langsung menuju lokasi kegiatan yang akan dituju lalu kembali lagi keluar pintu kampus, sangat jarang terjadi pergerakan antar lokasi-lokasi kegiatan seperti pergerakan kampus ke kampus atau pergerakan lainnya.
2. *Desire line* yang terbentuk menjadi terpusat pada pintu-pintu masuk Undip dan tersebar ke seluruh kawasan kampus. Garis tertebal terdapat pada garis yang menuju zona kampus Fakultas Ekonomika dan Bisnis karena jumlah populasi di kawasan kampus FEB lebih banyak dari kampus-kampus lain meskipun Fakultas Teknik memiliki populasi yang lebih banyak namun lokasi Fakultas Teknik yang luas dan tersebar ke beberapa bagian membuat pergerakan tidak terpusat pada satu lokasi.
3. Berdasarkan hasil analisis *Network Analyst* yang dilakukan dengan aplikasi ArcGIS 9.3 terdapat empat (4) rute bus kampus yang dapat diterapkan dalam kawasan kampus dan sudah melayani

seluruh zona permintaan pergerakan di dalam kawasan kampus dengan rincian:

- a. Rute 1 yang melayani bagian timur kampus dengan panjang rute 2.7 km, kecepatan rata-rata 34.5 km/jam dan waktu perjalanan selama 6 menit 40 detik
 - b. Rute 2 yang melayani zona sentral barat kampus Undip Tembalang memiliki panjang rute 4 km dengan kecepatan rata-rata 35.5 km/jam dan waktu perjalanan selama 11 menit 10 detik
 - c. Rute 3 yang melayani zona sentral kampus Undip Tembalang memiliki panjang rute 3.9 km dengan kecepatan rata-rata 35 km/jam dan waktu perjalanan selama 11 menit 21 detik
 - d. Rute 4 yang melayani zona luar kampus Undip Tembalang memiliki panjang rute 4.8 km dengan kecepatan rata-rata 35 km/jam dan waktu perjalanan selama 11 menit 3 detik
4. Waktu padat kawasan kampus terjadi pada pukul 7.00-8.00 dan pukul 16.00-17.00, hal ini terjadi karena banyaknya warga kampus yang mulai masuk kawasan kampus pada saat pagi dan keluar pada saat sore hari.
 5. Berdasarkan perhitungan jumlah armada dan waktu antara yang dibutuhkan untuk melayani warga kampus, dibutuhkan 14 armada bus dengan kapasitas penumpang sebanyak 120 penumpang untuk seluruh rute bus kampus.
 6. Rute bus kampus Undip Tembalang berdasarkan hasil analisis sudah menjangkau seluruh kawasan kampus Undip dengan luasan jangkauan 200 m, sehingga jarak yang dibutuhkan warga kampus untuk berjalan menuju shelter bus kampus tidak lebih dari 200 meter dari zona-zona kampus terdekat.

Rekomendasi

Rekomendasi yang diberikan untuk pengadaan bus kampus Undip Tembalang terkait dengan penelitian ini adalah

rekomendasi rute bus kampus yang nanti akan digunakan, terdapat 4 rute bus kampus yang dapat diaplikasikan dan sudah melayani seluruh zona permintaan pergerakan internal warga kampus. Armada yang dibutuhkan untuk pengoptimalan rute bus kampus ini adalah sebanyak 14 armada dengan headway yang berbeda di tiap jamnya untuk lebih mengoptimalkan penggunaan bus kampus dan kemudahan perawatan jangka panjang dari armada tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Alterkawi, M. 2001. Application of GIS in Transportation Planning : The Case of Riyadh , the Kingdom of Saudi Arabia, 1(2), 38–46.
- Berglund, S. 2001. GIS In Transport Modelling. *GIS In Transport Modelling*, 8-47.
- Bernhardsen, T. 2002. *Geographic Information Systems: An Introduction*. New Jersey: John Wiley & Sons Ltd.
- CAI-Asia. 2005. *Sustainable Urban Transport in Asia*. Manila: CAI-Asia.
- Ety, I. Y. 2003. *Perencanaan Pelayanan Angkutan Umum di Perumahan Bumi Singkil Permai Boyolali Berdasarkan Biaya Operasi Kendaraan*. Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota. Semarang: Tugas Akhir tidak diterbitkan.
- Gilbert, R. 2005. *Defining Sustainable Transportation*. Toronto: The Centre for Sustainable Transportation.
- Gray, G. E., & Hoel, L. A. 1979. *Public Transportation: Planning, Operations and Management*. New Jersey: Prentice Hall.
- Hobbs, F. D. 1995. *Perencanaan dan Teknik Lalu Lintas*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Junaedi, T. 2009. Analisis Evolusi Matrik Asal Tujuan (MAT) Menggunakan Metode Grafik Representasi Matrik. *Jurnal Rekayasa*, XIII(1), 88-97.
- Miro, F. 1997. *Sistem Transportasi Kota*. Bandung: Tarsito.
- Miro, F. 2004. *Perencanaan Transportasi Untuk Mahasiswa, Perencana dan Praktisi*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Morlok, E. K. 1991. *Introduction to Transportation Engineering and Planning*. Pennsylvania: McGraw-Hill Book Company.
- Murray, A. T., Davis, R., Stimson, R. J., & Ferreira, L. 1998. Public Transportation Access. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 3(5), 319–328. doi:10.1016/S1361-9209(98)00010-8
- Nasution, A. Z. 2012. *Green Campus*. Diambil kembali dari DR. Arif Zulkifli Consultan Lingkungan dan Energi: bangazul.com
- Nasution, H. 1996. *Manajemen Transportasi*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Nayati, M. A. 2008. *School Bus Routing and Scheduling Using GIS*. University of Gavle, Department of Technology and Built Environment, Gavle.
- Rahmawati, C., & Novitasari, Y. 2010. *Evaluasi Kinerja Angkutan Umum Kota Semarang Studi Kasus: Bus Damri AC B.04 Trayek Ngaliyan-Pucang Gading dan Bus BRT Trayek Mangkang-Penggaron*. Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Jurusan Teknik Sipil. Semarang: Tugas Akhir tidak diterbitkan.
- Soesilo, N. I. 1999. *Ekonomi, Perencanaan dan Manajemen kota*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Tamin, O. Z. 1997. *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi* (1st ed.). Bandung: Penerbit ITB.
- _____. 2000. *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi* (2nd ed.). Bandung: Penerbit ITB.
- Warpani, S. 1990. *Merencanakan Sistem Perangkutan*. Bandung: Penerbit ITB.
- World Bank. 1996. *Sustainable Transportation, Priorities Reform*. Washington D.C: The World Bank.