

STUDI POTENSI JARINGAN *LIGHT RAIL TRANSIT* (LRT) DAN KONSTRUKSI PERKERASAN REL (STUDI KASUS: KORIDOR KOTA MANADO KECAMATAN MALALAYANG, KECAMATAN SARIO, KECAMATAN WENANG)

Shofian Edy Harianto Bongso

Theo K. Sendow, Mecky R.E. Manoppo

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi

Email: shofianbongso@gmail.com

ABSTRAK

Di Kota Manado lebih dari 90% perjalanan berbasis rumah tangga, dimana perjalanan dimulai dari rumah dan diakhiri kembali dirumah. Untuk memahami pola pergerakan yang akan terjadi dari setiap rumah tangga yang ada di Kota Manado, perlu suatu penelitian mengenai jumlah bangkitan yang terjadi dalam memprediksi kebutuhan akan sarana dan prasarana tahun-tahun mendatang. Permintaan lalu lintas yang melebihi penyediaan ruang jalan mengakibatkan kepadatan dan kemacetan lalu lintas. Berdasarkan kondisi ini maka sudah waktunya untuk melihat kepada program transportasi yang berkelanjutan (*Sustainable Transport Modes*). Direkomendasikan Transportasi umum berkelanjutan berbasis rel, yang cenderung bebas dari kemacetan sehingga dapat disimpulkan bahwa waktu tempuh yang dihasilkan akan semakin berkurang dengan daya angkut penumpang yang cukup besar. Bentuk yang direkomendasikan adalah sistem angkutan masal jenis LRT (*Light Rail Transit*). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi pustaka, pengumpulan data primer berupa survai wawancara rumah tangga, data sekunder dikumpulkan dari beberapa instansi terkait. Hasil analisis dalam penelitian ini yaitu diperoleh pemodelan $Y = 3.2985 + 3.3645 X_1 + 1.4508 X_2 + 1.5686 X_3$, dengan Y adalah jumlah pergerakan seluruh anggota keluarga per-hari, X_1 adalah komposisi keluarga, X_2 jumlah anggota keluarga yang bekerja, X_3 jumlah anggota keluarga yang belajar. Berdasarkan hasil pemodelan tersebut Nilai Kofisien Determinan (R^2) yang diperoleh yaitu sebesar 0,7453 atau 74,5%. Dalam menentukan konstruksi tebal lapisan perkerasan jalan rel menggunakan standar ketentuan umum jalan rel didapatkan hasil yaitu : Jalan Kelas I dengan penggunaan tipe rel R.54/R.50/R.42, jenis bantalan Beton/Kayu/Baja, dan jenis penambat bisa menggunakan ganda maupun tunggal.

Kata Kunci : *LRT (Light Rail Transit), Konstruksi Perkerasan Rel, Trip Distribution, Multiple Regression Model, Microsoft office excel.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Transportasi merupakan kebutuhan turunan (*derived demand*) akibat adanya aktifitas ekonomi, sosial, budaya dan sebagainya. Seiring bertumbuhnya suatu daerah atau kota, baik itu dari segi ekonomi maupun dari jumlah penduduk maka akan berdampak pada peningkatan pemakaian jasa transportasi termasuk di dalamnya penggunaan jasa angkutan umum untuk pergerakannya. Dalam kerangka makro ekonomi, transportasi merupakan tulang punggung perekonomian baik di tingkat nasional, regional maupun lokal, untuk wilayah perkotaan maupun pedesaan.

Di Kota Manado lebih dari 90% perjalanan berbasis rumah tangga, dimana perjalanan

dimulai dari rumah dan diakhiri kembali dirumah. Untuk memahami pola pergerakan yang akan terjadi dari setiap rumah tangga yang ada di Kota Manado, perlu suatu penelitian mengenai jumlah bangkitan yang terjadi dalam memprediksi kebutuhan akan sarana dan prasarana tahun-tahun mendatang. Transportasi yang handal, aman dan nyaman merupakan beberapa alasan penduduk di daerah perkotaan memilih moda transportasi yang akan memudahkan dalam mencapai tempat tujuannya. Hal inilah yang menjadi akar permasalahan transportasi di Kota Manado dimana masyarakat lebih memilih menggunakan kendaraan pribadi yang banyak menggunakan ruang jalan.

Permintaan lalu lintas yang melebihi penyediaan ruang jalan mengakibatkan kepadatan dan kemacetan lalu lintas.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Tambajong et al (2018) mendapatkan hasil Tingkat VCR (*Volume Capacity Ratio*) yang ada pada beberapa ruas jalan di Kota Manado seperti Jalan Piere Tendean dengan VCR (*Volume Capacity Ratio*) sebesar 0.89, menunjukkan kepadatan lalu lintas yang tinggi dengan tingkat pelayanan jalan LOS E (*Level of Service*). Berdasarkan data yang diperoleh dari Pemerintah Kota Manado, Kondisi penduduk Kota Manado saat ini adalah 427.906 Jiwa, dan jumlah kendaraan yang bertambah 10.000 unit baik roda dua maupun roda 4, dengan rata-rata roda dua bertambah 40 unit/hari dan kendaraan roda empat bertambah 12 unit/hari.

Berdasarkan kondisi ini maka sudah waktunya untuk melihat kepada program transportasi yang berkelanjutan (*Sustainable Transport Modes*). Direkomendasikan Transportasi umum berkelanjutan berbasis rel, yang cenderung bebas dari kemacetan sehingga dapat disimpulkan bahwa waktu tempuh yang dihasilkan akan semakin berkurang dengan daya angkut penumpang yang cukup besar. Peningkatan jumlah penduduk dan pembangunan Kota Manado yang tidak diikuti dengan peningkatan ketersediaan jalan maka menyebabkan kemacetan, sebagai solusinya dikembangkan alternatif moda angkutan umum yang mampu menampung banyak penumpang sehingga mengurangi penggunaan kendaraan pribadi. Bentuk yang direkomendasikan adalah sistem angkutan massal jenis LRT (*Light Rail Transit*).

Dalam perencanaan jalur LRT (*Light Rail Transit*) diperlukan analisis pada konstruksi jalan rel. Keadaan tanah yang ada pada jalur rencana (Jalan Wolter Monginsidi, Piere Tendean, dan Jalan Jendral Sudirman 2) masih perlu di analisis karena daya dukung tanah pada sekitaran ruas jalan harus mampu memikul beban LRT (*Light Rail Transit*) dan stabil terhadap bahaya kelongsoran. Keadaan tanah yang baik menjadi faktor penting dalam perencanaan konstruksi jalan rel, maka diperlukan penelitian pada jalur dan koridor yang akan dilalui oleh LRT (*Light Rail Transit*). Untuk itu, studi potensi jaringan dan konstruksi perkerasan rel merupakan tinjauan dalam perencanaan LRT (*Light Rail Transit*).

Dari berbagai permasalahan dan berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya, untuk dapat mengurangi tingkat kemacetan diruas jalan antara kawasan permukiman ke kawasan pusat kota CBD

(*Central Business District*) Kota Manado maka harus terjadi perpindahan moda ke LRT (*Light Rail Transit*), karena itu perlu dilakukan suatu penelitian untuk mengetahui perilaku pelaku pergerakan pergi - pulang bekerja dalam pemilihan moda sehingga sistem angkutan massal jenis LRT (*Light Rail Transit*) nantinya dapat berkompetisi dengan mobil pribadi dan angkutan umum dalam Kota Mikrolet maupun angkutan umum berbasis Online. Serta studi mengenai perilaku tanah dan kapasitas daya dukungnya merupakan tinjauan dalam perencanaan konstruksi perkerasan jalan rel.

Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini ada hal-hal yang bisa dijadikan tinjauan sebagai rumusan masalah, maka dapat dikemukakan permasalahan yang ada yaitu:

1. Bagaimana menganalisis model bangkitan untuk LRT (*Light Rail Transit*) koridor Malalayang – Pusat Kota Manado?
2. Berapa Potensi *demand* penumpang yang akan menggunakan transportasi LRT (*Light Rail Transit*)?
3. Menentukan konstruksi jalan rel yang akan digunakan pada jalur yang akan dilewati oleh LRT (*Light Rail Transit*)?

Batasan Masalah

Mengingat banyak aspek yang bisa ditinjau dalam permasalahan ini maka perlu adanya batasan-batasan masalah yang jelas untuk penelitian ini. Dalam penelitian ini akan dibahas dengan kondisi-kondisi sebagai berikut :

1. Moda yang ditinjau hanya moda transportasi berbasis LRT (*Light Rail Transit*).
2. Bangkitan Pergerakan (*Trip Generation*), dan untuk distribusi perjalanan hanya pada pola distribusi perjalanan.
3. Distribusi perjalanan eksternal untuk wilayah studi hanya pada Kota Manado di Kecamatan Malalayang, Sario, dan Wenang, Provinsi Sulawesi Utara.
4. Lokasi berada dalam wilayah administrasi Kota Manado.
5. Menganalisa Konsep jaringan (*Trace*) LRT (*Light Rail Transit*) di Kota Manado.
6. Menganalisis Perencanaan Konstruksi Jal Rel Hanya Pada sekitaran Ruas Jalan Wolter Monginsidi, Jalan Piere Tendean, Dan Jalan Jendral Sudirman 2, serta hanya menentukan lapis perkerasan rel.

Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian diatas, tentu saja dalam suatu penelitian harus memiliki hasil yang direncanakan ingin dicapai. Adapun tujuan penelitian sebagai berikut :

1. Memperoleh model bangkitan pergerakan serta pola distribusi perjalanan yang diakibatkan oleh adanya pergerakan dan Analisa kebutuhan (*demand*) dengan garis keinginan (*Desire Line*) di wilayah administrasi Kota Manado.
2. Menganalisa konsep jaringan (koridor) dan mengetahui peluang penggunaan LRT (*Light Rail Transit*) di Kota Manado.
3. Menganalisa konstruksi perkerasan jalan rel yang akan digunakan dalam area jaringan (*trace*) LRT (*Light Rail Transit*).

Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan nilai tambah bagi pemerintah Sebagai bahan pertimbangan bagi pemerintah Kota Manado dalam mengantisipasi kebutuhan akan pergerakan dimasa mendatang, Sertasebagai bahan pertimbangan bagi pemerintah Kota Manado dalam membangun prasarana transportasi di kota Manado. Sehingga dari penelitian ini bisa di kembangkan moda transportasi umum beserta potensi layanan, konsep jaringan (*trace*) LRT (*Light Rail Transit*) dan konstruksi jalan rel di Kota Manado.

TINJAUAN PUSTAKA

LRT (*Light Rail Transit*)

LRT (*Light Rail Transit*) merupakan salah satu sistem transportasi metropolitan untuk kereta api penumpang (kereta api ringan) berbasis rel elektrik yang ditandai dengan kemampuan mengoperasikan kereta pendek disepanjang jalur eksklusif, yang biasanya beroperasi dikawasan perkotaan yang memiliki konstruksi ringan dan dapat berjalan bersama lalu lintas lain atau dalam lintasan khusus.

LRT (*Light Rail Transit*) sering juga disebut dengan tram. LRT (*Light Rail Transit*) sendiri merupakan moda transportasi massal yang menjadi bagian dari MRT (*Mass Rapid Transit*) dengan cakupan yang lebih kecil. LRT (*Light Rail Transit*) telah diterapkan diberbagai negara dibelahan dunia dan telah mengalami modernisasi, antara lain dengan otomatisasi, sehingga dapat dioperasikan tanpa masinis, bisa beroperasi pada lintasan khusus, penggunaan

lantai yang rendah (sekitar 30 cm) yang disebut sebagai *Low floor LRT (Light Rail Transit)* untuk mempermudah naik turun penumpang.

Istilah LRT (*Light Rail Transit*) di Indonesia kalah populer dengan 'tram' (nama lain LRT). Selain itu LRT (*Light Rail Transit*) di Indonesia masih menjadi sistem yang independen atau belum terintegrasi dengan MRT (*Mass Rapid Transit*) tidak seperti di singapura karena di indonesia sendiri baru saja akan memiliki MRT (*Mass Rapid Transit*), di Indonesia LRT (*Light Rail Transit*) sejatinya sudah ada sebelum tahun 1900an saat penjajahan Belanda, tepatnya di Surabaya dan Jakarta. Pada saat itu LRT (*Light Rail Transit*) dibangun dengan tenaga uap kemudian pada 1930an diganti menggunakan tenaga listrik. Tapi pada akhirnya LRT (*Light Rail Transit*) digusur sebab rencana pengembangan tata kota lebih cenderung ke subway atau metro.

Konstruksi Jalan Rel

Struktur jalan rel merupakan suatu konstruksi yang direncanakan sebagai prasarana atau infrastruktur perjalanan kereta api. Konstruksi jalan rel merupakan suatu sistem struktur yang menghimpun komponen-komponennya seperti rel, bantalan, penambat dan lapisan fondasi serta tanah dasar secara terpadu dan disusun dalam sistem konstruksi dan analisis tertentu untuk dapat dilalui kereta api secara aman dan nyaman.

Secara umum komponen-komponen penyusun jalan rel dijelaskan sebagai berikut:

1. Rel (*Rail*)
2. Penambat (*Fastening System*)
3. Bantalan (*Sleeper*)
4. Lapisan Fondasi Atas atau Lapisan Balas (*Ballast*)
5. Lapisan Fondasi Bawah atau Lapisan Subbalas (*Subballast*)
6. Lapisan Tanah Dasar (*Sugrade*)

Tinjauan Umum Kota Manado

Secara administratif Kota Manado terbagi atas 11 (sebelas) Wilayah Kecamatan yang ada yaitu: Kec. Malalayang, Kec. Sario, Kec. Wanea, Kec. Wenang, Kec. Tikala, Kec. Mapanget, Kec. Singkil, Kec. Tuminting, Kec. Paal, Kec. Bunaken dan Kec. Bunaken Kepulauan. Dengan memiliki 87 kelurahan.

Berdasarkan data BPS tahun 2017, jumlah penduduk Kota Manado pada tahun 2016 adalah sebanyak 427.906 jiwa. Dibandingkan dengan luas wilayah Kota Manado sebesar 15.726 km²,

maka tingkat kepadatan di Kota Manado terbilang cukup tinggi seperti tabel jumlah penduduk dan tingkat kepadatan penduduk di beberapa wilayah kecamatan berikut ini :

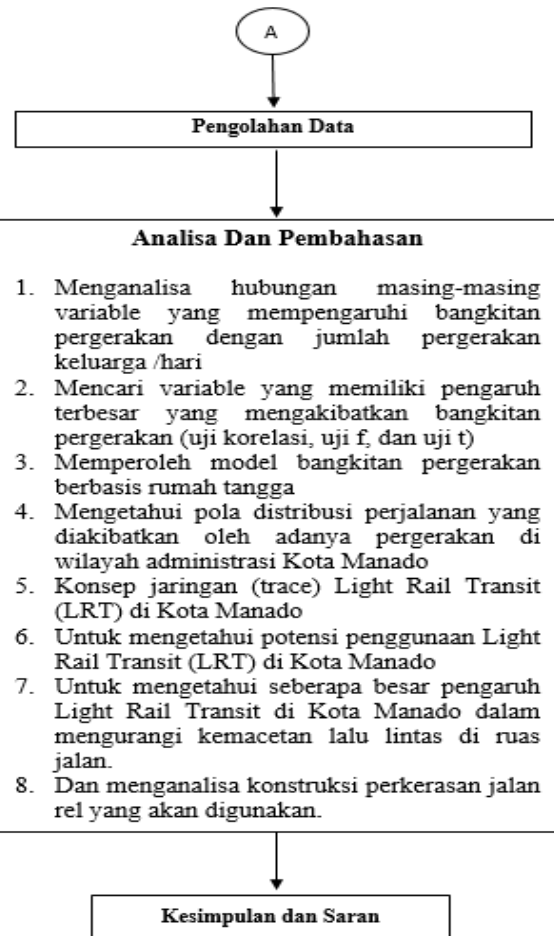
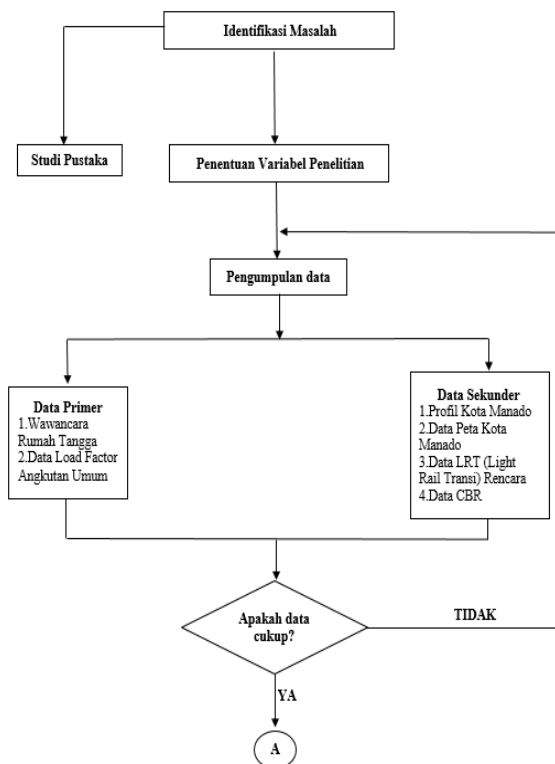
Tabel 1. Jumlah Penduduk, Luas Kecamatan, Jumlah Kelurahan dan Kepadatan Penduduk Kota Manado Perkecamatan Tahun 2017

No.	Kecamatan	Jumlah Penduduk (jiwa)	Luas (km ²)	% Luas	Kepadatan Penduduk (jiwa/km ²)
1.	Malalayang	57.319	17,12	10,89%	3.348
2.	Sario	24.456	1,75	1,11%	13.975
3.	Wanea	56.509	7,85	4,99%	7.198
4.	Wenang	36.031	3,64	2,31%	9.898
5.	Tikala	29.693	7,10	4,51%	4.182
6.	Mapanget	53.716	49,75	31,64%	1.079
7.	Singkil	48.248	4,68	2,98%	10.309
8.	Tuminting	51.539	4,31	2,74%	11.958
9.	Bunaken	21.740	36,01	22,90%	0.603
10.	Bunaken Kepulauan	6.167	16,85	10,71%	0.366
11.	Paal Dua	42.488	8,03	5,21%	5.291
Jumlah		421.906	157,26	100%	68.207

(Sumber: Bappeda Kota Manado Tahun 2016 dan hasil analisa 2017)

METODOLOGI PENELITIAN

Bagan Alir Penelitian



Gambar 1. Bagan Alir
Sumber: Penelitian Terkini, 2019

Studi Literatur

Pengambilan data pada penelitian dilakukan dengan survei dan mengutip laporan penelitian yang sudah pernah dilakukan. Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer yang dimaksud adalah data yang sumbernya diperoleh langsung dari responden/rumah tangga, yaitu data komposisi keluarga, jumlah anggota keluarga yang bekerja, jumlah anggota keluarga yang belajar, jumlah anggota yang bekerja dan belajar, kepemilikan kendaraan serta penghasilan keluarga. Sedangkan data sekunder adalah data yang lebih dulu dikumpulkan dan dilaporkan oleh orang atau instansi diluar diri peneliti sendiri, walaupun yang dikumpulkan itu sesungguhnya data yang asli. Data sekunder diperoleh dari instansi-instansi terkait dan perpustakaan.

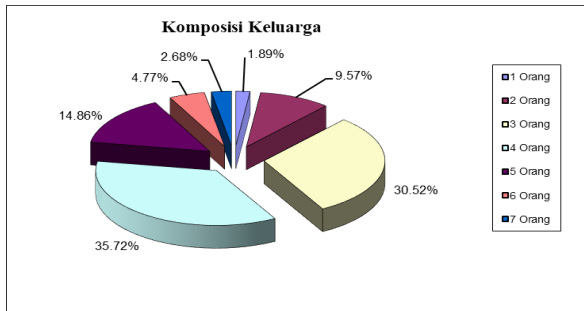
ANALISA DAN PEMBAHASAN

Analisis Sistem Pergerakan

Dalam penelitian ini digunakan 6 faktor sebagai pertimbangan untuk penentuan bangkitan pergerakan di Kota Manado. Faktor-faktor tersebut meliputi komposisi keluarga, jumlah anggota keluarga yang bekerja, jumlah anggota keluarga yang bersekolah, bekerja dan bersekolah, kepemilikan kendaraan, dan penghasilan keluarga.

Komposisi Keluarga

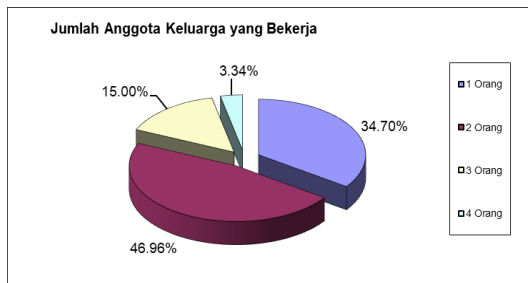
Dalam satu keluarga (rumah tangga) terdiri dari 7 orang anggota keluarga dengan persentase 2.68 %, 6 orang dengan persentase sebesar 4.77% dan 5 orang dengan persentase sebesar 14.86% serta 4 orang dengan persentase sebesar 35.72%.



Gambar 2. Presentase Komposisi Keluarga (Sumber: Hasil Analisis, 2019)

Jumlah Anggota Keluarga yang Bekerja

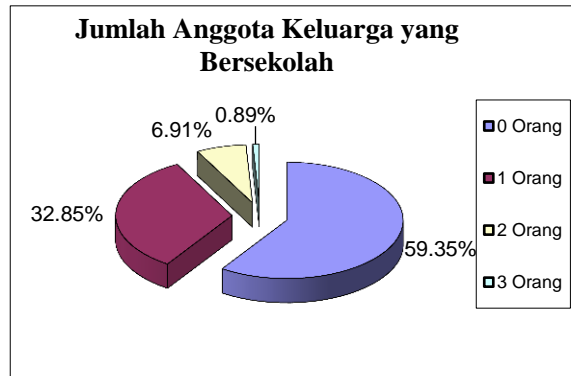
jumlah anggota keluarga yang bekerja dalam satu keluarga berjumlah 1 orang dengan persentase 34.70% dan 2 orang dengan persentase 46.96%, serta 3.34 % 4 orang yang bekerja dalam satu keluarga.



Gambar 3. Presentase Jumlah Anggota Keluarga yang Bekerja (Sumber: Hasil Analisis, 2019)

Jumlah Anggota Keluarga yang Bersekolah

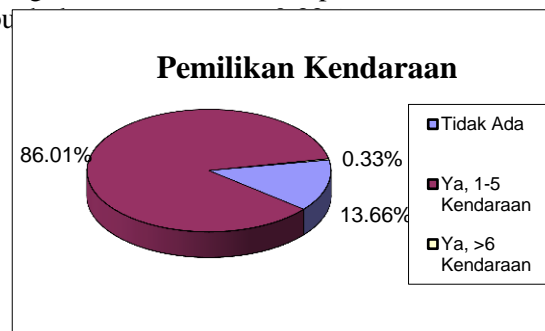
Jumlah anggota keluarga yang bersekolah dalam satu keluarga sebagian besar berjumlah 1 orang dengan persentase sebesar 32.85% diikuti dengan keluarga yang memiliki jumlah pelajar 2 orang sebesar 6.91% serta dalam satu keluarga yang tidak memiliki anggota keluarga yang bersekolah adalah 59,35%.



Gambar 4. Presentase Jumlah Anggota Keluarga yang Bersekolah (Sumber: Hasil Analisis, 2019)

Pemilikan Kendaraan

Berdasarkan hasil dari data survei yang diperoleh dapat dilihat bahwa masyarakat Manado tidak memiliki kendaraan pribadi dengan persentase 13.66%, keluarga yang sebagian besar memiliki kendaraan pribadi dengan persentase 86.01% kemudian keluarga yang memiliki kendaraan pribadi lebih dari 6 bu

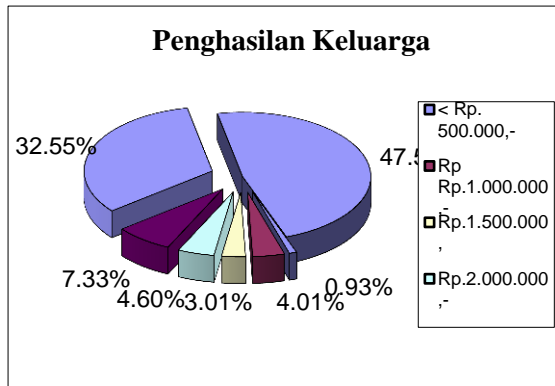


Gambar 5. Presentase Pemilikan Kendaraan (Sumber: Hasil Analisis, 2019)

Penghasilan Keluarga

Berdasarkan hasil dari data survei yang diperoleh menunjukkan bahwa penghasilan keluarga sebagian besar berada pada posisi > Rp. 3.000.000,- per- bulan dengan persentase sebesar 47.58%. Sedangkan tingkat pendapatan rumah tangga yang berada pada interval Rp.3.000.000,-

dengan persentase sebesar 32.55% dan persentase sebesar 7.33% untuk rumah tangga yang memiliki tingkat pendapatan yang berada pada interval sebesar Rp. 2.500.000. Lebih.



Gambar 6 Persentase Penghasilan Keluarga (Sumber: Hasil Analisis, 2019)

Analisis Dengan Satu Peubah

Dari hasil analisa untuk keenam parameter yang digunakan terjadi korelasi positif dengan jumlah pergerakan anggota keluarga per-hari. Ini berarti bahwa keenam parameter yang digunakan dapat dipakai dalam analisa bangkitan pergerakan di Kota Manado.

Adapun Persamaan yang didapat :

- a) Model regresi antara jumlah pergerakan keluarga per-hari (Y) dan komposisi keluarga (X₁) :
 $Y = 17.876 + 0.9346 X_1$ dengan $r = 0.686$ dan $R^2 = 0.570$
- b) Model regresi yang dapat dengan menggunakan parameter Jumlah anggota keluarga yang bekerja (X₂) :
 $Y = 12.691 + 3.7117 X_2$ Dengan $r = 0.771$ dan $R^2 = 0.522$
- c) Model regresi antara jumlah pergerakan keluarga per-hari (Y) dan komposisi keluarga (X₃) :
 $Y = 14.55414 + 4.1910 X_3$ dengan $r = 0.537$ dan $R^2 = 0.528$
- d) Model regresi antara jumlah pergerakan keluarga per-hari (Y) dan komposisi keluarga (X₄) :
 $Y = 18.8569 + 2.6392 X_4$ dengan $r = 0.471$ dan $R^2 = 0.410$
- e) Model regresi antara jumlah pergerakan keluarga per-hari (Y) dan komposisi keluarga (X₅) :
 $Y = 17.876 + 0.934 X_5$. Dengan $r = 0.347$ dan $R^2 = 0.370$

f) Model regresi antara jumlah pergerakan keluarga per-hari (Y) dan penghasilan keluarga (X₆) :

$Y = 18.367 + 0.1986 X_6$. Dengan $r = 0.390$ dan $R^2 = 0.304$

Analisis Regresi Linier Berganda

Tabel 2. Korelasi

	Jumlah Pergerakan Semua Anggota Keluarga Perhari (Y)	Komposisi Keluarga (X ₁)	Jumlah Anggota Keluarga yang Bekerja (X ₂)	Jumlah Anggota Keluarga yang Berkelah (X ₃)	Jumlah Anggota Keluarga yang Bekerja dan Berkelah (X ₄)	Pemilikan Kendaraan (X ₅)	Penghasilan Keluarga (X ₆)
Jumlah Pergerakan Semua Anggota Keluarga Perhari (Y)	1.000	0.686	0.771	0.537	0.471	0.347	0.390
Komposisi Keluarga (X ₁)	0.686	1.000	0.845	0.847	0.839	0.83377	0.83372
Jumlah Anggota Keluarga yang Bekerja (X ₂)	0.771	0.845	1.000	0.485	0.763	0.4716	0.4715
Jumlah Anggota Keluarga yang Berkelah (X ₃)	0.537	0.847	0.485	1.000	0.552	0.539	0.541
Jumlah Anggota Keluarga yang Bekerja dan Berkelah (X ₄)	0.719	0.839	0.763	0.552	1.000	0.224	0.234
Pemilikan Kendaraan (X ₅)	0.786	0.83377	0.4716	0.539	0.224	1.000	0.100
Penghasilan Keluarga (X ₆)	0.777	0.83372	0.4715	0.541	0.234	0.100	1.000

(Sumber: Hasil Analisis, 2019)

Tabel 3. Urutan Persamaan Regresi yang Terbaik

No	Persamaan Regresi	R ²	Peubah Bebas	Jumlah Peubah Bebas
1	$Y = 3.2985 + 3.3645 X_1 + 1.4508 X_2 + 1.5686 X_3$	0.7453	X ₁ , X ₂ , X ₃	3
2	$Y = 4.6137 + 3.4509 X_1 + 1.2521 X_3 + 1.0358 X_4$	0.7249	X ₁ , X ₃ , X ₄	3
3	$Y = 4.3147 + 3.4749 X_1 + 1.3476 X_3 + 0.2119 X_5$	0.7180	X ₁ , X ₃ , X ₅	3
4	$Y = 4.1418 + 3.4422 X_1 + 1.2526 X_3 + 1.0352 X_4 + 0.1146 X_5 + 0.0447 X_6$	0.7253	X ₁ , X ₃ , X ₄ , X ₅ , X ₆	5
5	$Y = 0.4343 + 0.2085 X_1 + 0.6864 X_2 + 0.4942 X_3 + 0.1305 X_4 - 0.0117 X_5 + 0.6399 X_6$	0.6399	X ₁ , X ₂ , X ₃ , X ₄ , X ₅ , X ₆	6

(Sumber: Hasil Analisis, 2019)

Dari Tabel 3. di atas diambil persamaan regresi terbaik untuk jumlah pergerakan anggota keluarga per-hari yaitu:

$Y = 3.2985 + 3.3645 X_1 + 1.4508 X_2 + 1.5686 X_3$, dengan $R^2 = 0.7453$

Kuat hubungan yang ditunjukkan oleh persamaan ini adalah pada variabel bebas terhadap variabel terikat lebih besar serta konstanta dan koefisien regresinya lebih kecil dibanding persamaan lainnya. Karena menggunakan tiga variabel bebas, maka koefisien determinasi yang digunakan adalah angka dari R Square sebesar 0.7453 atau 74.5%. Angka ini menunjukan pergerakan anggota keluarga per-hari dipengaruhi oleh komposisi

keluarga, jumlah anggota keluarga yang bekerja, dan jumlah anggota keluarga yang bersekolah sebesar 74.5% sedangkan sisanya 25.5 % dipengaruhi oleh faktor-faktor atau variabel lain diluar variabel bebas yang digunakan. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Model Regresi antara Jumlah Pergerakan Keluarga per-hari (Y) dengan Komposisi Keluarga (X₁), Jumlah Anggota Keluarga yang Bekerja (X₂) dan Jumlah Anggota Keluarga yang Bersekolah (X₃)

Regression Statistics	
Multiple R	0.863364315
R Square	0.745397941
Adjusted R Square	0.745147266
Standard Error	3.421554432
Observations	3051

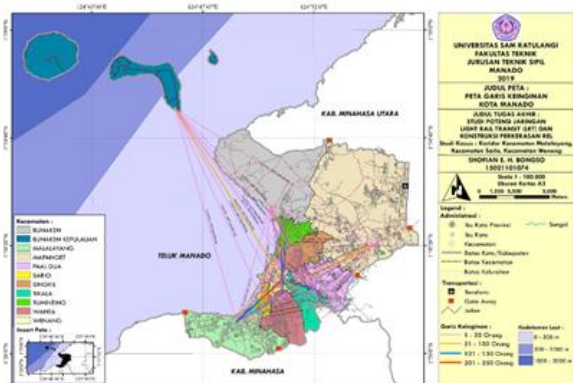
Anova					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	3	20494.341	6831.447	12856.678	0.000
Residual	11176	5938.412	0.531		
Total	11179	26432.753			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value
Intercept	3.29852454	0.190244152	17.33837544	2.66806E-64
Komposisi Keluarga	3.364541849	0.053649447	57.12159202	0
Jumlah Anggota Keluarga yang Bekerja	1.450754212	0.079741558	18.19320117	2.69934E-70
Jumlah Anggota Keluarga yang Bersekolah	1.568623675	0.082453371	19.02437299	2.41233E-76

(Sumber: Hasil Analisis, 2019)

Distribusi Perjalanan

Berdasarkan survei kuisisioner di 11 Kecamatan yang ada di Kota Manado, diperoleh pola distribusi perjalanan yang diakibatkan oleh adanya pergerakan tersebut dalam bentuk garis keinginan.

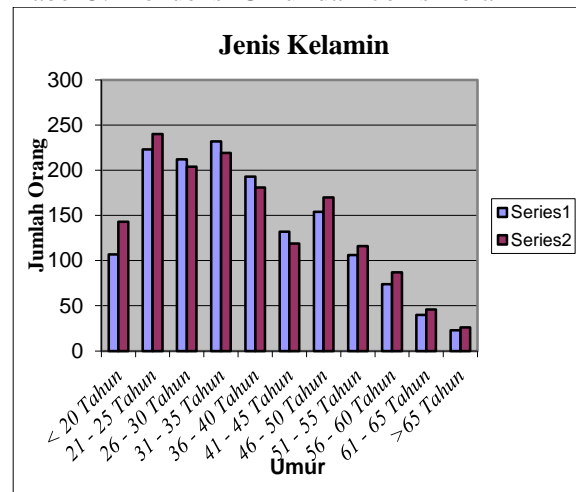


Gambar 7. Garis Keinginan (Sumber: Hasil Analisis, 2019)

Umur dan Jenis Kelamin

Bangkitan pergerakan dan distribusi perjalanan yang terjadi dinyatakan melalui distribusi responden umur dan jenis kelamin. Pada Tabel berikut. Untuk responden laki-laki sebanyak 1496 orang (49.08 %) dan responden perempuan sebanyak 1552 orang (50.92%). Dari segi kelompok umur, jenis kelamin laki-laki yang terbanyak melakukan perjalanan yang untuk kelompok umur 31-35 tahun sebanyak 232 responden (7.61%). Sedangkan untuk jenis kelamin perempuan yang berada pada kelompok umur 21-25 tahun sebanyak 240 responden (7.87%). Hasil ini menunjukkan bahwa masyarakat di Kota Manado yang melakukan perjalanan sebagian besar berada pada usia produktif.

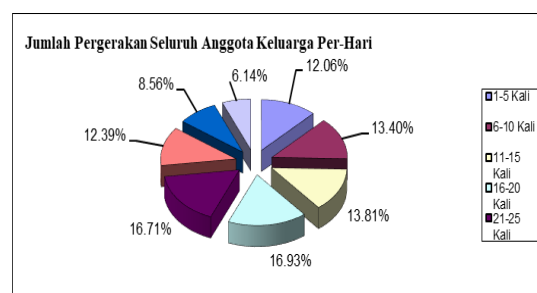
Tabel 5. Frekuensi Umur dan Jenis Kelamin



(Sumber: Hasil Analisis, 2019)

Frekuensi Perjalanan

Dari data yang diperoleh menunjukkan bahwa frekuensi terbesar setiap keluarga dalam melakukan perjalanan adalah sebanyak 16-20 kali dalam satu hari dengan persentase sebesar 16,93 %.



Gambar 8. Jumlah Pergerakan Seluruh Anggota Keluarga Perhari (Sumber: Hasil Analisis, 2019)

Adapun Potensi Layanan Berupa Kebutuhan (Demand) LRT (Light Rail Transit) Di Kota Manado berdasarkan hasil survai asal tujuan dapat dilihat pada tabel 6. dengan memberikan hasil sebagai berikut :

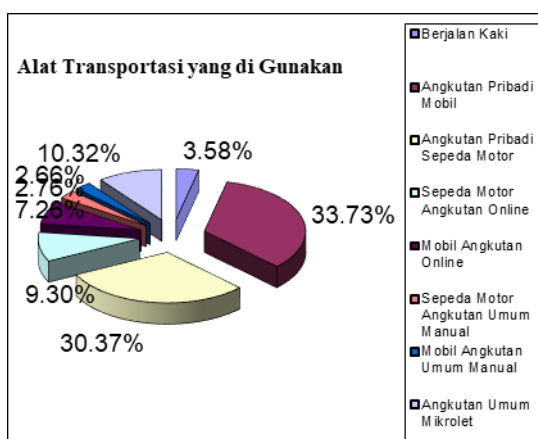
Tabel 6. Jumlah Pergerakan dalam Kota Manado sebagai Hasil Survai Asal Tujuan

No	Pergerakan Ke Dalam Wilayah	Jumlah Pergerakan	Total Responden	Prosentase Pergerakan
1	Malalayang	650	3045	21.3464%
2	Sario	687	3045	22.5615%
3	Wenang	982	3045	32.2495%
4	Wanea	142	3045	4.6633%
5	Tikala	177	3045	5.8128%
6	Paal 2	48	3045	1.5763%
7	Mapanget	102	3045	3.3497%
8	Tuminting	112	3045	3.6781%
9	Singkil	58	3045	1.9047%
10	Bunaken	86	3045	2.8243%
11	Bunaken Kepulauan	1	3045	0.0003%
	Total	3045	-	100%

(Sumber: Hasil Analisis, 2019)

Moda Transportasi yang Digunakan

Hasil survei menunjukkan bahwa masyarakat di Kota Manado dalam melakukan perjalanan sebagian besar menggunakan angkutan pribadi mobil 33,73 %, menggunakan angkutan pribadi sepeda motor 30,37 %, menggunakan angkutan umum mikrolet dengan persentase sebesar 10,32 %, menggunakan sepeda motor angkutan online 9,30 %, mobil angkutan online 7,26 %, sedangkan berjalan kaki sebesar 3,58 %.

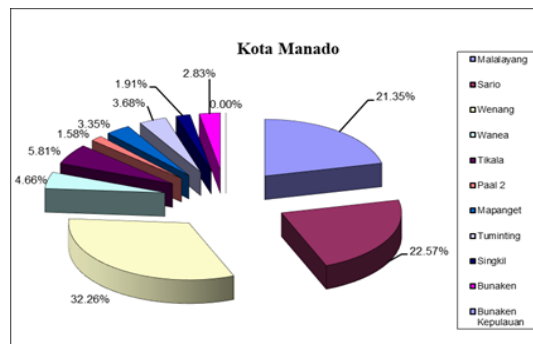


Gambar 9. Persentase Alat Transportasi Yang Digunakan

(Sumber: Hasil Analisis, 2019)

Berdasarkan hasil analisa survai asal - tujuan maka dapat disimpulkan potensi

pergerakan terbesar di dalam kota Manado terjadi pada pergerakan ke Kecamatan Wenang dengan persentase sebesar 32.24% dari total pergerakan yang terjadi. Pergerakan kedua terbesar terjadi pada Kecamatan Sario dengan persentase sebesar 22.56% dari total pergerakan yang terjadi. Pergerakan ketiga terbesar terjadi pada Kecamatan Malalayang dengan persentase sebesar 21.34% dari total pergerakan yang terjadi.



Gambar 10. Persentase Jumlah Pergerakan dalam Kota Manado

(Sumber: Hasil Analisis, 2019)

Konsep Jaringan (Trace) LRT (Light Rail Transit) Di Kota Manado

Berdasarkan Data asal tujuan di atas kemudian ditentukan Konsep Jaringan (Trace) LRT (Light Rail Transit) Di Kota Manado yaitu seperti pada tabel dan gambar LRT (Light Rail Transit) berikut ini.

Tabel 7. Station dan Konsep Jaringan (Trace) LRT (Light Rail Transit) Di Kota Manado (Sumber : Hasil Analisis, 2019)

No	Rute / Trace	Panjang	Station
		(meter)	
			Station Terminal Malalayang
1	Segmen 1	2300	Station RSUP Kota Manado
2	Segmen 2	2000	Station Bahu Mall
3	Segmen 3	600	UKM Jendela Indonesia
4	Segmen 4	750	Manado Town Square
5	Segmen 5	1100	MTC
6	Segmen 6	800	Mega Mall
	Segmen 7	900	Marina Plaza
	Total Panjang	8450	



Gambar 11. Konsep LRT (*Light Rail Transit*)
(Sumber: Hasil Analisis, 2019)

Untuk LRT (*Light Rail Transit*), total panjang Konsep Jaringan (Trace) LRT adalah sepanjang 8450 meter atau sepanjang 8,5 km dengan jumlah station sebanyak 8 station, dengan kondisi medan tipe datar, kemiringan/gradient < 6% dengan konstruksi rencana rel sebidang dengan jalan raya raya. Stasiun LRT rencana terdiri dari stasiun 1 Terminal Malalayang, Stasiun 2, RSU Prof Kandou Manado, Stasiun 3 Star Square Bahu Mall, Stasiun 4 UKM Jendela Indonesia, Stasiun 5 Mantos (Manado Town Square), Stasiun 6 MTC Mega Mass, Stasiun 7 Mega Mall, dan Stasiun pemberhentian terakhir Stasiun 8 Marina Plaza.

Analisis Dalam Perkerasan

Pada konstruksi perkerasan jalan rel, pertemuan antara beberapa jalur dapat berupa jalan rel yang bercabang, jalan rel yang sebidang dengan jalan atau persilangan antara dua jalan rel harus dilaksanakan dengan konstruksi khusus. Konstruksi khusus yang diperlukan adalah *wesel* yang berfungsi untuk mengalihkan kereta dari satu jalan rel ke jalan rel yang lainnya. Dalam desain pemakaian *wesel* pada satu emplasemen sangat bergantung kepada kecepatan, dan lapis perkerasan rel.

Menentukan Lapisan Pondasi Atas (*Ballast*)

Adapun bentuk dan tebal lapisan balas yang digunakan di Indonesia, mengacu pada persyaratan yang telah ditetapkan oleh Peraturan Daerah No. 10 tahun 1986 tentang Perencanaan Konstruksi Jalan Rel dan Peraturan Menteri No. 60 tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api.

Tabel 8. Spesifikasi tebal balas

Kelas Jalan	V _{maks} (km/jam)	Tebal Balas (cm)	Lebar Bahu Balas (cm)
I	120	30	50
II	110	30	50
III	100	30	40
IV	90	25	40
V	80	25	35

Sumber: PD No 10 Tahun 1986

Tabel 9. Spesifikasi tebal balas

Kelas Jalan	V _{maks} (km/jam)	Tebal Balas (cm)	Lebar Bahu Balas (cm)
I	120	30	50
II	110	30	50
III	100	30	40
IV	90	25	40

Sumber: PM No 60 Tahun 2012

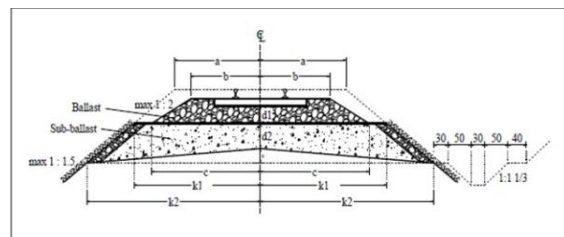
Menentukan Lapisan Pondasi Bawah (*Subballast*)

Adapun untuk bentuk dan ukuran subbalas di Indonesia berdasarkan kelas jalannya merujuk pada Peraturan Daerah No. 10 tahun 1986 tentang Perencanaan Konstruksi Jalan Rel, seperti yang dijelaskan pada Tabel dibawah ini.

Tabel 10. Ukuran untuk konstruksi balas dan subbalas sesuai dengan kelas jalan.

Kelas Jalan	V _{maks} (km/jam)	d1 (cm)	b (cm)	c (cm)	k ₁ (cm)	d2 (cm)	c (cm)	k ₂ (cm)	a (cm)
I	120	30	150	235	265-315	15-50	25	375	185-237
II	110	30	150	235	265-315	15-50	25	375	185-237
III	100	30	150	225	240-270	15-50	22	325	170-200
IV	90	25	140	215	240-250	15-35	20	300	170-190
V	80	25	135	210	240-250	15-35	20	300	170-190

Sumber: PM No. 60 Tahun 2012



Gambar 12 Penampang melintang jalan rel pada bagian lurus

(Sumber: PM. No. 60 tahun 2012)

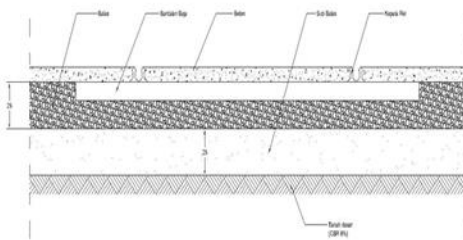
Menentukan Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Dari standard ketentuan Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*) diatas menunjukkan bahwa data CBR tanah di Jl. Piere Tendean Kota Manado memenuhi standard CBR Minimum Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*) sebesar 8.55% atau lebih dari standard minimum CBR Jalan Rel 8%. Beserta dari ketiga penentuan lapisan konstruksi perkerasan rel diatas dan data yang ada, maka dapat digambarkan lapis perkerasan jalan rel sebagai berikut pada Gambar 13 dan Gambar 14 beserta dengan tabel tambahan klasifikasi jalan rel pada Tabel 11.

Tabel 11 Klasifikasi Jalan Rel

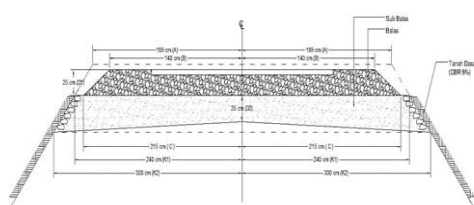
Kelas Jalan	Daya Angkut Lintas (ton)	Vmaks (km/jam)	Pmaks Gandar (ton)	Tipe Rel	Jenis Bantalan		Tebal Balas Atas (cm)	Lebar Bahu Balas (cm)
					Jarak antar sumbu bantalan (cm)	Jenis Penambut		
I	>20.10 ⁶	120	18	R.60/R.54	Beton	Elastis Ganda	30	60
II	10.10 ⁶ - 20.10 ⁶	110	18	R.54/R.50	Beton/Kayu	Elastis Ganda	30	50
III	5.10 ⁶ - 10.10 ⁶	100	18	R.54/R.50/R.42	Beton/Kayu/Baja	Elastis Ganda	30	40
IV	2.5.10 ⁶ - 5.10 ⁶	90	18	R.54/R.50/R.42	Beton/Kayu/Baja	Elastis Ganda/Tunggal	25	40
V	<2.5.10 ⁶	80	18	R.42	Kayu/Baja	Elastis Tunggal	25	35

(Sumber: PM No. 60 Tahun 2012)



Gambar 13. Lapisan Konstruksi Perkerasan Rel Sebidang

(Sumber: Hasil Analisis, 2019)



Gambar 14. Lapisan Konstruksi Perkerasan Rel

(Sumber: Hasil Analisis, 2019)

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Variabel yang mempengaruhi bangkitan pergerakan keluarga di Kota Manado adalah komposisi keluarga, jumlah anggota keluarga yang bekerja dan jumlah anggota keluarga yang belajar. Hasil ini dirumuskan dalam persamaan linear berganda sebagai model untuk jumlah pergerakan keluarga perhari yaitu : $Y = 3.2985 + 3.3645 X1 + 1.4508 X2 + 1.5686 X3$, Nilai Kofisien Determinan (R^2) yang diperoleh yaitu sebesar 0,7453. Hal ini berarti jumlah produksi perjalanan yang dihasilkan dapat dijelaskan oleh variabel-variabelnya sebesar 74,5%. Distribusi perjalanan yang terjadi dari ditiap-tiap zona atau kecamatan terdapat 32,24% responden melakukan perjalanan ke kecamatan Wenang. Hasil ini menunjukkan pola pergerakan yang digambarkan lewat peta garis keinginan. Berdasarkan hasil analisa survai asal - tujuan maka dapat disimpulkan potensi pergerakan terbesar di dalam kota Manado terjadi kedalam Kecamatan Wenang dengan persentase sebesar 32,24% dari total pergerakan yang terjadi. Pergerakan kedua terbesar terjadi pada Kecamatan Sario dengan persentase sebesar 21.10% dari total pergerakan yang terjadi. Pergerakan ketiga terbesar terjadi pada Kecamatan Malalayang dengan persentase sebesar 20% dari total pergerakan yang terjadi. Berdasarkan kondisi ini maka koridor untuk trace / jalur LRT (*Light Rail Transit*) yaitu mengikuti bangkitan dan tarikan terbesar sesuai dengan urutan sebagai berikut :
 - a) Potensi 1 koridor Kecamatan Wenang
 - b) Potensi 2 koridor Kecamatan Sario
 - c) Potensi 3 koridor Kecamatan Malalayang
- 2) Berdasarkan Data asal tujuan kemudian ditentukan Konsep Jaringan (Trace) LRT (*Light Rail Transit*) yaitu seperti Station Terminal Malalayang - Station RSUD Prof Kandou Malalayang - Station Bahu Mal - Station UKM Jendela Indonesia - Station Mantos - Station MTC – Station Mega Mall – Station IT Center – Station Marina Plaza dengan jumlah station sebanyak 8 station dan 7 segmen dan panjang total 8450 meter. Bila jumlah kendaraan angkutan umum yang

beroperasi dalam sehari pada trayek 01 dan 02 sebesar $(281 + 515) = 896$ kendaraan dan dalam sehari 24 trip yang berpenumpang 9 orang maka jumlah penumpang yang terangkut dalam sehari untuk rute M01 dan M02 adalah sebesar $0,3935 \times 896 \times 9 \times 11 = 34905$ orang. LRT (Light Rail Transit) Di Kota Manado Dalam Mengurangi Jumlah Kendaraan Angkutan Kota Maupun Pribadi, LRT (Light Rail Transit) ini dapat mengurangi jumlah penumpang yang naik angkutan kota mikrolet sebesar 20478 orang atau sebesar $20478 / (9 \times 11 \times 0,3935) = 525,66 = 526$ kendaraan. Bila LRT (Light Rail Transit) ini telah beroperasi maka dapat mengurangi jumlah kendaraan sebesar 526 unit di trayek 01 dan 02. Serta berdasarkan hasil survai wawancara rumah tangga 44,08% mengatakan bahwa LRT (Light Rail Transit) untuk Kota Manado itu perlu, dan 35,26% sangat memerlukan LRT, sementara sisahnya 20,66% tidak perlu adanya LRT (Light Rail Transit). Potensi LRT (Light Rail Transit) untuk Kota Manado berdasarkan hasil survai diatas, menunjukan LRT (*Light Rail Transit*) ini dapat mengurangi jumlah penumpang yang naik angkutan kota sebesar 526 unit di trayek 01 dan 02. Dan tingkat pengaruh untuk kebutuhan pembangunan LRT dari masyarakat sangat tinggi bila digabungkan persenan Perlu dan Sangat perlu adanya LRT di Kota Manado maka didapatkan hasil 79,34%. Hasil ini dapat disimpulkan, LRT (Light Rail Transit) layak untuk beroperasi

agar dapat mengurangi jumlah Angkutan Umum dan mengurangi penggunaan kendaraan pribadi masyarakat di Kota Manado.

- 3) Pada konstruksi tebal lapis perkerasan rel menggunakan beberapa data rencana dengan menggunakan persyaratan yang telah ditetapkan oleh Peraturan Daerah No. 10 tahun 1986 tentang Perencanaan Konstruksi Jalan Rel dan Peraturan Menteri No. 60 tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api mendapatkan hasil tebal lapis konstruksi rel menggunakan tabel klasifikasi jalan rel yaitu : Jalan Kelas I dengan penggunaan tipe rel R.54/R.50/R.42, jenis bantalan Beton/Kayu/Baja, dan jenis penambat bisa menggunakan ganda maupun tunggal.

Saran

Adapun saran yang diambil adalah :

- 1.) Dengan persentase terbesar untuk jumlah perjalanan menuju ke kecamatan Wenang, maka perlu adanya perbaikan sistim tata guna lahan yang ada dengan tidak lagi membangun pusat-pusat kegiatan yang baru untuk wilayah kecamatan Wenang sebagai pusat kota, tetapi memusatkan pengembangan sarana potensial di wilayah kecamatan masing-masing.
- 2.) Menindaklanjuti kegiatan ini dengan Pra Studi Kelayakan/*Fasibility Study* agar dapat diketahui untuk aspek ekonomi, sosial, lingkungan dan teknis.

DAFTAR PUSTAKA

- Black J. A., 1981. *Urban transport Planning (Theory and Products)*, London Crom Helm.
- Bruton M. J. 1985, *Introduction To Transportation Planning*. Hutchinson Technical Education, London.
- Morlok, E. K. 1991. *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*, Penerbit Erlangga Jakarta.
- Nasution, 1998. *Metode Research Penelitian Ilmiah*, Bandung
- Ortuzar and Williumsen. 1990. *Modelling Transport*, John Willey & Sons Ltd, England.
- Santosa Purbayu Budi dan Ashari. 2005. *Analisis Statistik dengan Microsoft Excel & SPSS*. ANDI Yogyakarta.
- Sendow, Theo K. 2013. *Analisis Potensi Layanan Dan Konsep Jaringan Monorail Di Kota Manado*.

Supranto, J. 1993. *Statistik Teori dan Aplikasi*, Edisi Kelima Jilid 2. Erlangga Jakarta.

Tamin Ofyar, Z. 2000. *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*, Edisi kedua. ITB Bandung.

Trihendradi Cornelius. 2005. *Analisis Data Statistik*, Penerbit Audy Jakarta.

Warpani, Suwardjoko. 1990. *Merencanakan Sistem Perangkutan*. Penerbit ITB, Bandung.