

STUDI POTENSI JARINGAN LIGHT RAIL TRANSIT (LRT) DAN KONSTRUKSI PERKERASAN REL. (STUDI KASUS: KORIDOR KECAMATAN SINGKIL, KECAMATAN TUMINTING DAN KECAMATAN BUNAKEN)

Jerivo Pandeiroth

Theo K. Sendow, Lucia G. J. Lalamentik

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: jerivopandeiroth@gmail.com

ABSTRAK

Pesatnya perkembangan di Kota Manado baik dalam aspek penambahan penduduk serta meningkatnya pembangunan pada pusat-pusat kegiatan perkotaan akan menyebabkan permasalahan pada sistem transportasi yang ada. Permintaan lalu lintas yang melebihi penyediaan ruang jalan mengakibatkan kepadatan dan kemacetan lalu lintas, sehingga pemerintah beberapa kali berupaya untuk mencoba mengatasi kemacetan namun belum sepenuhnya dapat mengurai kemacetan. Maka dari itu diperlukan program transportasi berkelanjutan (Sustainable Transport Mode) dengan sarana yang direkomendasi adalah Light Rail Transit atau LRT. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan bangkitan pergerakan serta pola distribusi perjalanan, mengkonsepkan jaringan koridor, dan menganalisa konstruksi perkerasan jalan relnya. Light Rail Transit merupakan salah satu sistem kereta api penumpang (kereta api ringan) yang biasanya beroperasi dikawasan perkotaan yang memiliki konstruksi ringan dan dapat berjalan dalam lintasan khusus. Konstruksi jalan rel merupakan suatu sistem struktur yang menghimpun komponen-komponen seperti rel, bantalan, penambat, lapisan fondasi serta tanah dasar secara terpadu yang disusun dalam sistem konstruksi. Pengumpulan data primer dilakukan dengan penyebaran kuesioner pada responden/rumah tangga sesuai jumlah sampel dimasing-masing kecamatan dan data sekunder dikumpulkan dari beberapa instansi terkait. Hasil survei di analisa dengan bantuan Microsoft office excel serta pemodelan menggunakan persamaan linear berganda dengan variabel bebas yang diukur yaitu komposisi keluarga (X_1), jumlah anggota yang bekerja (X_2), jumlah anggota yang bersekolah (X_3), jumlah anggota yang bekerja dan bersekolah (X_4), kepemilikan kendaraan (X_5), penghasilan keluarga (X_6), dan variabel terikat (Y) sebagai jumlah pergerakan keluarga perhari. Hasil pemodelan diperoleh persamaan terbaik yaitu $Y = 0.022 + 5.091 X_1 + 0.093 X_2 + 0.097 X_3 - 0.013 X_6$ dan nilai Koefisien Determinan (R^2) yang diperoleh yaitu sebesar 0,924 atau 92.4%. Konsep jaringan Light Rail Transit 5 titik koridor yaitu Koridor Singkil, Koridor Tuminting 1, Koridor Tuminting Pasar dan Koridor Bailang Raya. Dalam hasil penelitian untuk konstruksi perkerasan rel menurut Peraturan Menteri No. 60 tahun 2012 sesuai data rencana dikategorikan di Kelas Jalan V dengan penggunaan tipe rel R.42, jenis bantalan Kayu/Baja, dan jenis penambat bisa menggunakan tunggal atau rangkap.

Kata Kunci : LRT(Light Rail Transit), Konstruksi Perkerasan Rel, Konsep Jaringan

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sektor transportasi yang mencakup prasarana dan sarana angkutan jalan raya, angkutan kereta api, angkutan sungai dan danau, angkutan laut serta angkutan udara merupakan salah satu komponen pokok kegiatan ekonomi suatu bangsa. Perkembangan suatu wilayah dapat dilihat

dari semakin meningkatnya aktivitas atau pergerakan masyarakat di wilayah tersebut dengan berbagai aspek pendukung yang langsung berhubungan dengan fasilitas-fasilitas yang ada. Dengan demikian aktivitas yang terjadi akibat terbentuknya pusat-pusat kegiatan/tata guna lahan seperti sebagai pusat administrasi pemerintahan, pemukiman, sekolah, rumah sakit, fasilitas hiburan, pusat perbelanjaan, pusat akomodasi

kepariwisataan, menyebabkan bangkitan pergerakan yang begitu besar yang akibatnya berpengaruh terhadap sistem transportasi yang ada.

Kemacetan dan kepadatan lalu lintas biasa terjadi karena penyediaan ruang jalan untuk permintaan lalu lintas masih kurang. Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan oleh Titirlolobi (2016) menunjukkan pada ruas Jalan Hassanudin kota Manado memiliki nilai VCR (*Volume Capacity Ratio*) 0,74 dengan tingkat pelayanan C yang memperlihatkan kepadatan lalu lintas yang tinggi. Kondisi saat ini penduduk kota Manado dan jumlah kendaraan semakin bertambah. Berdasarkan data yang diperoleh oleh Kementerian PU rata-rata kendaraan roda dua bertambah 40 unit/hari dan kendaraan roda empat rata-rata bertambah 12 unit/hari yang mengakibatkan pada penambahan kebutuhan pergerakan (*demand*). Pada sisi yang lain panjang jalan (*supply*) bertambah, dan tidak dapat mengimbangi pertambahan jumlah kendaraan, apabila kondisi ini berlangsung terus menerus maka pasti akan terjadi kondisi $Demand > Supply$ yang mengakibatkan bertambah banyaknya masalah transportasi.

Untuk menghindari permasalahan transportasi yang lebih kompleks dimasa yang akan datang maka diperlukan solusi pengembangan alternatif moda transportasi umum yang dapat mengurangi pemakaian transportasi pribadi. Maka dengan kondisi ini diperlukan program transportasi berkelanjutan (*Sustainable Transport Mode*). *Sustainable Transport Mode* adalah moda transportasi berkelanjutan dimana kendaraan transportasi yang dirancang dalam beberapa cara untuk mengurangi kerusakan lingkungan, moda yang menggunakan sumber daya energi yang minimum, dan dapat dioperasikan secara efisien. Salah satu sarana yang dapat di pertimbangkan dalam pemenuhan kebutuhan akan transportasi masyarakat dilihat dari segi kualitas perjalanannya adalah *Light Rail Transit* atau LRT.

Dari berbagai permasalahan dan berdasarkan penelitian-penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya, untuk dapat mengurangi tingkat kemacetan diruas jalan antara kawasan permukiman ke kawasan pusat kota (CBD) Kota Manado maka harus

terjadi perpindahan moda ke *Light Rail Transit (LRT)* karena itu perlu dilakukan suatu penelitian untuk mengetahui perilaku pelaku pergerakan pergi - pulang bekerja dalam pemilihan moda sehingga sistem angkutan massal jenis *Light Rail Transit (LRT)* nantinya dapat berkompetisi dengan mobil pribadi dan angkutan umum dalam kota Mikrolet maupun angkutan umum berbasis online.

Dalam perencanaan jalur *Light Rail Transit (LRT)* diperlukan analisis pada Konstruksi Jalan Rel. Keadaan tanah dan jalan yang ada pada jalur rencana (Jln.Hassanudin, Jln.Pongidon, Jln.Ballang Raya) masih perlu dianalisis karena tubuh jalan harus mampu memikul beban *Light Rail Transit (LRT)* dan stabil terhadap bahaya kelongsoran. Keadaan tanah yang baik menjadi faktor penting dalam perencanaan konstruksi jalan rel, maka diperlukan konstruksi perkerasan pada jalur dan koridor yang akan dilalui oleh *Light Rail Transit (LRT)*.

Rumusan Masalah

Yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana model bangkitan untuk *Light Rail Transit (LRT)* koridor Pusat Kota-Bunaken.
2. Berapa potensi *demand* penumpang yang akan menggunakan moda transportasi *Light Rail Transit (LRT)*.
3. Menentukan konstruksi jalan rel yang akan digunakan pada jalur yang akan dilewati oleh LRT (*Light Rail Transit*).

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Memperoleh model bangkitan pergerakan serta pola distribusi perjalanan yang diakibatkan oleh adanya pergerakan dan analisa kebutuhan (*demand*) dengan *Desire Line* di wilayah administrasi Kota Manado.
2. Menganalisa konsep jaringan koridor *Light Rail Transit* dan mengetahui peluang penggunaan *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

Manfaat dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Sebagai bahan pertimbangan bagi pemerintah Kota Manado dalam mengendalikan atau mengatur fungsi tata guna lahan
2. Sebagai bahan pertimbangan bagi pemerintah Kota Manado dalam membangun prasarana transportasi di kota Manado.
3. Sebagai bahan pertimbangan bagi pemerintah Kota Manado dalam mengantisipasi kebutuhan akan pergerakan dimasa mendatang.
4. Adanya usulan moda transportasi umum *Light Rail Transit (LRT)*.
5. Tersedianya informasi konsep jaringan koridor *Light Rail Transit (LRT)* di Kota Manado.

Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini :

1. Sistem perencanaan transportasi hanya pada tahap Bangkitan Pergerakan (*Trip Generation*) dan Distribusi Perjalanan (*Trip Distribution*)
2. Wilayah studi hanya pada 3 kecamatan (Tuminting, Singkil, dan Bunaken) dikota Manado
3. Menganalisa potensi layanan berupa kebutuhan *Light Rail Transit (LRT)* di Kota Manado
4. Menganalisa Konsep jaringan (Koridor) *Light Rail Transit (LRT)* dikota Manado
5. Menganalisa peluang penggunaan *Light Rail Transit* di Kota Manado
6. Menganalisis konstruksi perkerasan jalan rel diantara ruas Jalan Hassannudin, Jalan Pongidon, dan Jalan Bailang Raya, serta hanya menentukan lapis perkerasan rel yang ditinjau dari Peraturan Menteri No. 60 tahun 2012.

LANDASAN TEORI

Light Rail Transit dan Konstruksi Jalan Rel

Light Rail Transit atau LRT merupakan salah satu sistem kereta api penumpang (kereta api ringan) yang biasanya beroperasi dikawasan perkotaan

yang memiliki konstruksi ringan dan dapat berjalan bersama lalu lintas lain atau dalam lintasan khusus, LRT sering juga disebut dengan tram. LRT (*Light Rail Transit*) sendiri merupakan moda transportasi massal yang menjadi bagian dari Mass Rapid Transit (MRT) dengan cakupan yang lebih kecil. LRT 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 untuk mempermudah naik turun penumpang. 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.



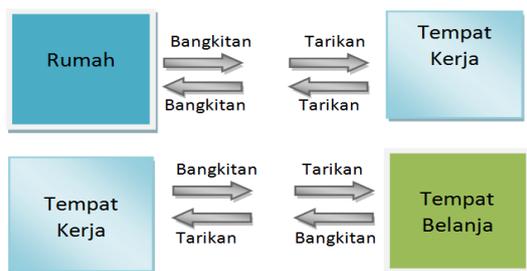
Gambar 1. Rel LRT sebidang dengan jalan raya (Driversed, 2016)

Penelitian sejenis yang sudah pernah dilakukan oleh Bongso (2019) mengenai Studi Potensi Jaringan *Light Rail Transit (LRT)* dan Konstruksi Perkerasan Rel .(Studi Kasus: Kec. Wenang, Kec. Sario, dan Kec. Malalayang). Dalam perencanaannya dilakukan analisis yang sama dengan penelitian ini tetapi dengan studi kasus yang berbeda.

Penelitian sejenis yang sudah pernah dilakukan oleh Febrianda (2013) mengenai Studi Perencanaan Rute LRT (*Light Rail Transit*) Sebagai Moda Pengumpan (*Feeder*) MRT Jakarta. Dalam perencanaannya dilakukan analisis pemodelan bangkitan, analisis bangkitan, analisis distribusi, dan analisis pembebanan pada rute LRT (*Light Rail Transit*) rencana, juga perencanaan moda dan pola operasional LRT (*Light Rail Transit*) berdasarkan pembebanan lalu lintas.

Bangkitan Pergerakan

Bangkitan Pergerakan (*Trip Generation*) adalah tahapan pemodelan yang memperkirakan jumlah pergerakan yang berasal dari suatu zona atau tata guna lahan atau jumlah pergerakan yang tertarik ke suatu tata guna lahan atau zona. Bangkitan pergerakan (*Trip Generation*) adalah banyaknya lalu lintas yang ditimbulkan oleh suatu zona atau tata guna lahan persatuan waktu. Bangkitan Pergerakan (*Trip Generation*) adalah jumlah perjalanan yang terjadi dalam satuan waktu pada suatu zona tata guna lahan (Hobbs, 1995).



Gambar 2. Bangkitan dan Tarikan Pergerakan (Tamin, 2000)

Bangkitan dan tarikan pergerakan digunakan untuk menyatakan bangkitan pergerakan pada masa sekarang, yang akan digunakan untuk meramalkan pergerakan pada masa mendatang. Bangkitan pergerakan ini berhubungan dengan penentuan jumlah keseluruhan yang dibangkitkan oleh sebuah kawasan. Parameter tujuan perjalanan yang berpengaruh di dalam produksi perjalanan (Levinson, 1976), adalah:

- 1) Tempat bekerja
- 2) Kawasan perbelanjaan
- 3) Kawasan pendidikan
- 4) Kawasan usaha (bisnis)
- 5) Kawasan hiburan (rekreasi)

Konsep Metode Analisis Regresi

Model dapat didefinisikan sebagai alat bantu atau media yang dapat digunakan untuk mencerminkan dan menyederhanakan suatu realita (dunia sebenarnya) secara terukur, termasuk diantaranya :

- 1) Model Fisik
- 2) Peta dan diagram
- 3) Model statistika dan matematika (persamaan)

Semua model tersebut merupakan penyederhanaan realita untuk tujuan tertentu,

seperti memberikan penjelasan, pengertian serta peramalan. Pemodelan transportasi hanya merupakan salah satu unsur dalam perencanaan transportasi. Lembaga pengambil keputusan, masyarakat, administrator, peraturan dan penegak hukum adalah beberapa unsur lainnya. Model merupakan penyederhanaan dari keadaan sebenarnya dan model dapat memberikan petunjuk dalam perencanaan transportasi. Karakteristik sistem transportasi untuk daerah-daerah terpilih seperti CBD sering dianalisis dengan model. Model memungkinkan untuk mendapatkan penilaian yang cepat terhadap alternatif-alternatif transportasi dalam suatu daerah (Morlok, 1991). Tahapan pemodelan bangkitan pergerakan bertujuan meramalkan jumlah pergerakan pada setiap zona asal dengan menggunakan data rinci mengenai tingkat bangkitan pergerakan, atribut sosial-ekonomi, serta tata guna lahan. (Oruzar and Wiliumsen, 1990).

Konsep Metode Analisis Regresi

1. Model Analisis Regresi Linear.

Analisis regresi linear adalah metode statistik yang dapat digunakan untuk mengukur besarnya pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat dan memprediksi variabel terikat dengan menggunakan variabel bebas. Untuk Regresi linear sederhana, yaitu regresi linear yang hanya melibatkan dua variabel (Variabel X dan Y), persamaan regresinya dinyatakan dalam persamaan (1) berikut :

$$y = a + bx$$

Keterangan :

y = peubah tidak bebas/variabel terikat (Jumlah produksi perjalanan)

$X_1 \dots X_z$ = peubah bebas (faktor-faktor berpengaruh)

a = intersep atau konstanta regresi

b = koefisien regresi

2. Model Analisis Regresi Linear Berganda.

Metode analisis regresi linear berganda digunakan untuk menghasilkan hubungan dalam bentuk numerik dan untuk melihat bagaimana variabel saling berkait. Model analisis regresi linear berganda yang digunakan untuk menguji hipotesis adalah sebagai berikut:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4 + b_5X_5 + b_6X_6 + \dots + b_nX_n$$

Keterangan :

Y = Jumlah pergerakan keluarga per-hari yang merupakan variabel tergantung (*Dependent Variable*)

$X_1 \dots X_n$ = Variabel Bebas

a = konstanta regresi

$b_1 \dots b_n$ = koefisien regresi

Hubungan Transportasi dan Penggunaan Lahan

Bangkitan perjalanan (*trip generation*) berhubungan dengan penentuan jumlah perjalanan keseluruhan yang dibangkitkan oleh suatu kawasan. Dalam kaitan antara aktifitas manusia antar wilayah ruang sangat berperan dalam menciptakan perjalanan.

1. Model interaksi Transportasi dan Penggunaan Lahan .

Bangkitan pergerakan bukan saja beragam dalam jenis tata guna lahan tetapi juga tingkat aktifitasnya. Makin tinggi tingkat aktifitas suatu tata guna lahan, makin tinggi pula tingkat kemampuannya dalam menarik lalu lintas .

2. Penggunaan Lahan Ditinjau Dari Sistem Kegiatan

Sistem kegiatan secara komprehensif dapat diartikan sebagai suatu upaya untuk memahami pola-pola perilaku dari perorangan, lembaga yang mengakibatkan terciptanya pola-pola keruangan didalam wilayah. Perorangan ataupun kelompok masyarakat selalu mempunyai nilai-nilai tertentu terhadap penggunaan setiap lahan (Hadi Yunus, 2005).

Perjalanan (Trip)

Perjalanan biasanya didefinisikan dalam buatan model angkutan sebagai satu kali perjalanan yang dilakukan oleh seseorang antara dua tempat dengan satu jenis angkutan dan untuk suatu maksud tertentu (Tamim, 2000).

1. Maksud Perjalanan

Secara spesifik terdapat kategori maksud perjalanan :

a. Perjalanan berdasarkan rumah, dimana tempat asal atau tujuan perjalanan adalah dari atau menuju rumah.

b. Perjalanan lainnya yang tidak bersangkutan dengan rumah.

2. Karakteristik Pelaku Perjalanan

Faktor penting yang termasuk dalam kategori ini adalah yang berkaitan dengan ciri sosial-ekonomi pelaku perjalanan termasuk tingkat penghasilan, kepemilikan kendaraan, struktur dan besarnya keluarga, kerapatan pemukiman, macam pekerjaan dan lokasi tempat pekerjaan (Bruton, 1985).

3. Distribusi Perjalanan

Distribusi perjalanan adalah proses menghitung jumlah perjalanan yang terjadi antara satu zone dan semua zone lainnya dalam daerah studi. Pola pergerakan sering dijelaskan dalam bentuk arus pergerakan (orang, kendaraan, dan barang) yang bergerak dari zona asal ke zona tujuan didalam daerah tertentu dan selama periode tertentu.

Tujuan distribusi perjalanan adalah untuk mendistribusikan atau mengalokasikan jumlah perjalanan yang berasal dari setiap zona dan di antara seluruh zona tujuan yang memungkinkan. (Oruzar and Wiliumsen, 1990).

Analisa Korelasi

Korelasi adalah analisa yang digunakan untuk mengetahui hubungan antara dua variable atau untuk mengukur tinggi rendahnya derajat hubungan (kekuatan hubungan) antar variabel yang diteliti. Dalam hal ini sesama peubah bebas tidak boleh saling berkorelasi, sedangkan antara peubah tidak bebas dengan peubah bebas harus ada korelasi yang kuat (baik positif maupun negative). Nilai koefisien korelasi ini

akan berada pada kisaran angka minus satu (-1) sampai plus satu (+1).

Tinggi rendahnya derajat keeratan tersebut dapat dilihat dari koefisien korelasinya. Koefisien korelasi yang mendekati angka + 1 berarti terjadi hubungan positif yang erat menunjukkan hubungan yang searah dari dua variabel, dimana kenaikan suatu variabel akan menyebabkan kenaikan variabel lain dan sebaliknya penurunan suatu variabel akan menyebabkan penurunan pada variabel yang lain. Bentuk hubungan yang searah tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.10. Apabila mendekati angka - 1 berarti terjadi hubungan negatif yang erat menunjukkan hubungan yang terbalik, dimana pengaruh yang terjadi adalah pengaruh negatif. Dalam hal ini kenaikan suatu variabel akan menyebabkan penurunan suatu variabel, sedangkan penurunan suatu variabel akan menyebabkan kenaikan variabel yang lain. Sedangkan koefisien korelasi mendekati angka 0 (nol) berarti hubungan kedua variabel adalah lemah atau tidak erat. Korelasi sebesar nol menunjukkan bahwa kenaikan atau penurunan dari suatu variabel tidak mempengaruhi variabel yang lain. Untuk nilai r dihitung dengan persamaan :

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)}{\sqrt{\left[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \left[n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right]}} = b \frac{s_x}{s_y}$$

Pengujian Hipotesis

Suatu pengujian hipotesis statistik adalah prosedur yang memungkinkan keputusan dapat dibuat yaitu menolak atau menerima hipotesis yang sedang diuji. Agar pilihan lebih terinci diperlukan hipotesis alternatif yang disingkat H_a dan hipotesis nol disingkat H_0 . H_a adalah lawan dari H_0 . H_a cenderung dinyatakan dalam kalimat positif dan H_0 dalam kalimat negatif.

a. Uji T

Uji t pada dasarnya menunjukkan seberapa jauh pengaruh satu variabel bebas secara individual dalam menerangkan variasi variabel terikat. Untuk memperoleh keyakinan tentang kebaikan dari model regresi dalam memprediksi, harus menguji signifikansi dari

masing-masing koefisien konstanta dirumuskan sebagai berikut :

H_0 : Koefisien Konstanta tidak signifikan

H_a : Koefisien Konstanta signifikan

Sedangkan untuk uji Koefisien variable independent adalah :

H_0 : Koefisien variable independent tidak signifikan

H_a : Koefisien variable independent signifikan.

Dalam penelitian ini digunakan tingkat signifikansi 5 % ($\alpha = 0.05$). Dimana tingkat signifikan ini adalah yang umum digunakan, meskipun nilai-nilai yang lain dapat juga digunakan. Angka ini dipilih dalam mendesain suatu aturan keputusan yang berarti bawah terdapat sekitar 5 dalam 100 kesempatan atau peluang dalam menolak hipotesis ketika seharusnya hipotesis tersebut diterima. Jadi akan diperoleh keyakinan sekitar 95% bawah kita telah membuat keputusan yang benar. Dalam hal ini dapat dikatakan bawah hipotesis ditolak signifikansi 0,05, yang berarti hipotesis memiliki probabilitas sebesar 0,05 untuk salah. Kriteria Pengujian uji t adalah sebagai berikut :

Tolak H_0 jika t-hitung > t tabel atau sig. t < α

Tolak H_0 jika t-hitung < t tabel atau sig. t < α

b. Uji F

Untuk menguji kebenaran hipotesis alternatif yaitu bahwa model pilihan peneliti sudah tepat maka dilakukan uji F. Sedangkan jika menggunakan uji F, rumusan hipotesisnya adalah :

H_0 : Variabel independent tidak secara linear berhubungan dengan variable dependen

H_a : variable independent secara linear berhubungan dengan variable dependen

Selanjutnya kriteria pengambilan keputusan dalam uji F dengan tingkat signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$) yaitu :

Tolak H_0 jika F - hitung > F tabel atau sig. t < α

Terima H_0 jika $F - \text{hitung} < F - \text{tabel}$ atau $\text{sig. } t > \alpha$

Koefisien Determinan

Koefisien determinasi (R^2) digunakan untuk mengetahui sampai dimana kemampuan model dalam menerangkan variasi variable dependen. Nilai koefisien determinasi adalah di antara nol dan satu ($0 \leq R^2 \leq 1$). Nilai R^2 yang kecil berarti kemampuan variable independent dalam menjelaskan variasi variable dependen amat terbatas. Nilai yang mendekati satu berarti variable variable independent memberikan hampir semua informasi yang dibutuhkan untuk memprediksi variasi variable dependen. (Oruzar and Wiliumsen, 1990)

$$R^2 = \frac{b_{123} \left(\sum X_{1i} Y_i - \frac{\sum X_{1i} \sum Y_i}{n} \right) + b_{132} \left(\sum X_{2i} Y_i - \frac{\sum X_{2i} \sum Y_i}{n} \right)}{\left(\sum Y_i^2 - \frac{(\sum Y_i)^2}{n} \right)}$$

Dimana R^2 = Koefisien Determinan

b = Konstanta regresi

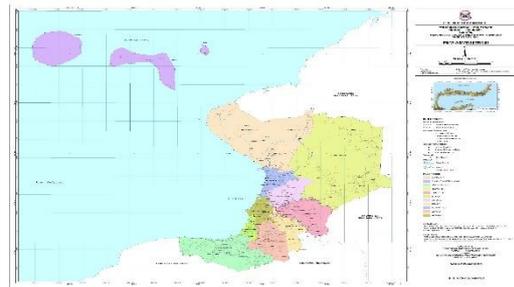
Letak Wilayah Dan Kondisi Geografis

Kota Manado terletak di ujung utara Pulau Sulawesi dan merupakan kota terbesar di Sulawesi Utara sekaligus sebagai ibukota Provinsi Sulawesi Utara. Secara geografis terletak di antara $1^\circ 30' - 1^\circ 40'$ Lintang Utara (LU) dan $124^\circ 40' - 126^\circ 50'$ Bujur Timur (BT). Secara administratif batas-batas wilayahnya sebagai berikut :

- Sebelah Utara dengan : Kec. Wori (Kab. Minahasa Utara) & Teluk Manado
- Sebelah Timur dengan : Kec. Dimembe (Kab. Minahasa Utara) dan Kec. Pineleng (Kab. Minahasa)
- Sebelah Selatan dengan : Kec. Pineleng (Kab. Minahasa)
- Sebelah Barat dengan: Teluk Manado / Laut Sulawesi.

Wilayah Kota Manado terdiri dari wilayah daratan dan wilayah kepulauan dengan luas keseluruhan 157.26 km^2 . Wilayah kepulauan meliputi Pulau Bunaken seluas 811.21 Ha , Pulau Manado Tua seluas 1056.02 Ha , dan Pulau Siladen seluas 27.95

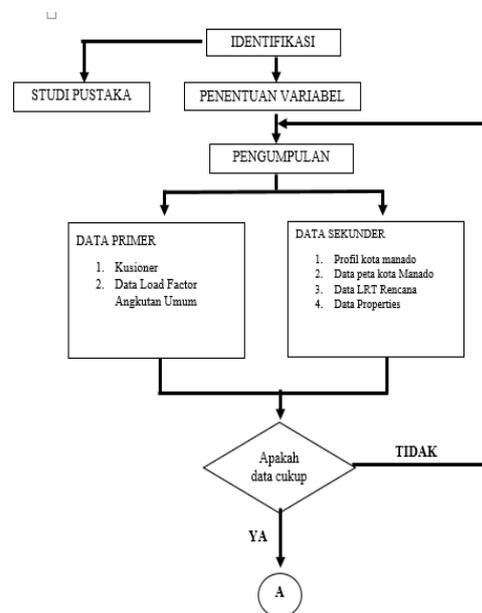
Ha. Berdasarkan Peraturan Daerah Kota Manado Nomor 2 Tahun 2012 tentang Perubahan Peraturan Daerah Kota Manado Nomor 5 Tahun 2000 tentang Pemekaran Kelurahan dan Kecamatan, kota manado dimekarkan dari 9 kecamatan menjadi 11 kecamatan dengan 87 kelurahan. Dua kecamatan hasil pemekaran yaitu Kecamatan Bunaken Kepulauan dan Kecamatan Paal Dua.

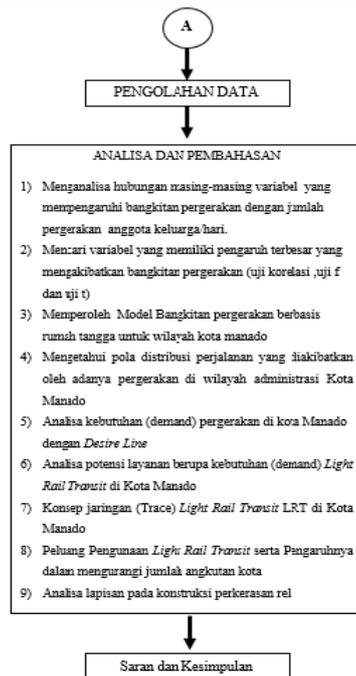


Gambar 3. Peta Kota Manado (Bappeda Kota Manado, 2016)

METODOLOGI PENELITIAN

Diagram Alir





Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

Tahap Penelitian

Dalam mencapai tujuan dari penelitian ini dilakukan beberapa tahapan yang dianggap perlu. Tahapan penelitian yang dilakukan sebagai berikut:

1. Tahapan pertama adalah melakukan studi literatur dalam usaha memperoleh teori-teori yang berhubungan dengan penyelesaian penelitian ini.
2. Tahap kedua adalah menentukan jumlah dan distribusi sampel yang sesuai pada daerah penelitian.
3. Tahap ketiga adalah pengorganisasian data yang dibutuhkan, metode pengumpulan data dan penyajian data yang diperoleh dari survei.
4. Tahap keempat adalah melakukan *home interview* yaitu wawancara yang dilakukan ke masing-masing responden yang dipilih secara acak.
5. Tahap kelima adalah melakukan pengamatan dilokasi penelitian perencanaan pembangunan jalan rel serta mengambil data yang dibutuhkan.
6. Tahap keenam mengedit data yang telah dikumpulkan dan membuat tabulasi.
7. Tahap akhir adalah melakukan analisis data hasil survei dengan menggunakan Program *microsoft office excel*, untuk analisis regresi linear berganda.

Jenis dan Sumber Data

1. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh langsung lewat kuisioner dari responden atau obyek yang diteliti, atau ada hubungannya dengan yang diteliti. Dalam penulisan ini data primer yang dimaksud adalah data yang sumbernya diperoleh langsung dari responden/rumah tangga. Dalam penulisan ini data 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

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh melalui pengumpulan data yang sudah ada hasil penelitian atau survey konsultan. Adapun data yang dikumpulkan meliputi :

- a. Profil dan data kota manado
- b. Geometrik jalan
- c. Data properties
 - CBR Lapangan (Jln. Hassanuddin)
 - Spesifikasi *Light Rail Transit* atau LRT

Metode Pengambilan Sampel

Untuk menjawab perumusan masalah yaitu berapa besar pengaruh variabel mengenai bangkitan pergerakan (X) seperti : Komposisi keluarga, jumlah anggota keluarga yang bekerja, jumlah anggota keluarga yang belajar, jumlah anggota yang bekerja dan belajar, kepemilikan kendaraan serta penghasilan keluarga, perlu dilakukan beberapa tahapan penting untuk menganalisis data yang diperoleh sesuai survei kuesioner. Uji korelasi dan proses kalibrasi dilakukan dengan bantuan *program microsoft office excel* . Ada beberapa tahapan dalam pemodelan dengan metode analisis regresi linear berganda (Algifari, 2000), adalah sebagai berikut :

- a) Tahap pertama adalah analisis bivariat, yaitu analisis uji korelasi untuk melihat hubungan antar variabel yaitu variabel terkait dengan variabel bebas. Variabel bebas harus mempunyai korelasi terhadap variabel terikat dan sesama variabel bebas

tidak boleh saling berkorelasi. Apabila terdapat korelasi diantara variabel bebas, pilih salah satu yang mempunyai nilai korelasi yang terbesar terhadap variabel terikat untuk mewakili.

- b) Tahap kedua adalah analisis multivariat, yaitu analisis untuk mendapatkan model yang paling sesuai menggambarkan pengaruh satu atau beberapa variabel bebas terhadap variabel terikatnya, dapat digunakan analisis regresi linear berganda (*Multiple Linear Regression*).

Analisis regresi linear berganda yaitu suatu cara yang dimungkinkan untuk melakukan beberapa proses iterasi dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- 1) Pada langkah awal adalah memilih variabel bebas yang mempunyai korelasi yang besar dengan variabel terikatnya.
- 2) Pada langkah berikutnya menyeleksi variabel bebas yang saling berkorelasi, jika ada antara variabel bebas memiliki korelasi besar maka untuk ini dipilih salah satu yang mempunyai korelasi lebih besar terhadap variabel terikat.
- 3) Pada tahap akhir memasukkan variabel bebas dan variabel terikat kedalam persamaan model regresi linear berganda yaitu :

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4 + b_5X_5 + b_6X_6$$

Metode analisa data yang digunakan untuk bangkitan pergerakan adalah dengan menggunakan bantuan komputer dengan *Software Program Microsoft office excel* (Santosa Purbayu, 2005) ,tanpa menggunakan perhitungan manual.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Model Perhitungan Bangkitan Pergerakan

Analisis untuk mengetahui variabel-variabel mana yang akan digunakan dalam pemodelan selanjut-nya, dilakukan proses penyelesaian variabel dengan cara melakukan uji korelasi antara semua variabel-variabel yang ditinjau.

1. Analisis Bivariat.

Diperoleh variabel yang mempunyai hubungan signifikan atau pengaruh besar terhadap produksi perjalanan (Y) Yaitu X1

sebesar 0.597, X2 sebesar 0.417, X3 sebesar 0.322, dan X6 0,347.

2. Analisis Multivariat.

Dari persamaan-persamaan regresi yang telah dihitung di urutkan berdasarkan nilai R2 (koefisien determinasi) yang terbesar atau yang paling mendekati satu, dan nilai konstanta yang paling kecil. Berdasarkan koefisien determinan dan nilai konstanta disusun persamaan regresi yang me-wakili sesuai kriteria tersebut seperti pada tabel 1.

Tabel 1 . Urutan Persamaan Regresi yang Terbaik

No	Persamaan	R ²	Peubah Bebas
1	$Y=0.022 + 5.091 X_1 + 0.093 X_2 + 0.097 X_3 - 0.013 X_6$	0,924	X ₁ X ₂ X ₃ X ₆
2	$Y = 3.2985 + 3.0645 X_1 + 1.4508 X_2 + 1.5686 X_3$	0,7453	X ₁ ,X ₂ , X ₃
3	$Y = 4.6137 + 3.4509 X_1 + 1.2521 X_3 + 1.0358 X_4$	0,7249	X ₁ ,X ₃ , X ₄
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	$Y = 0.4343 + 0.2085 X_1 + 0.6864 X_2 + 0.4942 X_3 + 0.1305 X_4 - 0.0117 X_5 + 0.6399 X_6$	0,6399	X ₁ ,X ₂ , X ₃ ,X ₄ , X ₅ ,X ₆

Dari Tabel 1. diambil persamaan regresi terbaik untuk jumlah pergerakan anggota keluarga per-hari yaitu: $Y = 0.022 + 5.091 X_1 + 0.093 X_2 + 0.097 X_3 - 0.013 X_6$, dengan R2 = 0.924. 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 meng-gunakan empat variabel bebas, maka koefisien determinasi yang digunakan adalah angka dari R Square sebesar 0.924 atau 92.4 %. Angka ini menunjukkan pergerakan anggota keluarga per-hari dipengaruhi oleh komposisi keluarga, jumlah anggota keluarga yang bekerja, dan jumlah anggota keluarga yang belajar sebesar 92.4 % sedangkan sisanya 7.6 % dipengaruhi oleh faktor-faktor atau variabel lain diluar variabel bebas yang digunakan. Selain faktor-faktor diatas pengujian lain yaitu :

a. Anova (Uji F). *Anova Regresi (F)* merupakan nilai uji kelinearan hubungan variabel terikat dengan variabel bebasnya. Sesuai yang ditampilkan pada Tabel 3. Jadi dapat dilihat bahwa $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka H_0 ditolak. Selanjutnya dapat dilihat bahwa nilai

signifikan $F = 0,000 < 0,05$ yang berarti H_a diterima.

Tabel 2 . ANOVA Variabel Y dan Variabel Bebas X_1, X_2, X_3, X_6

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	4	129528,5245	32382,13112	9324,89229	0
Residual	3046	10577,70625	3,472654709		
Total	3050	140106,2307			

Pada tabel 2. diatas diketahui hasil $F_{hitung} = 9324.89$ dan $F_{tabel} = 2.3748$. Dengan nilai probabilitas (signifikansi) = 0. Jadi dapat dilihat bahwa $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka H_0 ditolak dan dapat dilihat juga bahwa nilai signifikan $F = 0,000 < 0,05$ yang berarti H_a diterima. Dengan demikian, hasil uji F menyatakan bahwa H_0 ditolak dan H_a diterima dan secara simultan variabel X_1, X_2, X_3 , dan X_6 berpengaruh terhadap variabel Y atau jumlah pergerakan anggota keluarga per-hari.

b. Uji t. Dengan menggunakan bantuan program Microsoft Office Excel, seperti yang ditampilkan dalam Tabel 3.

Tabel 3 . RESIDUAL OUPUT Variabel Y dan Variabel Bebas X_1, X_2, X_3, X_6

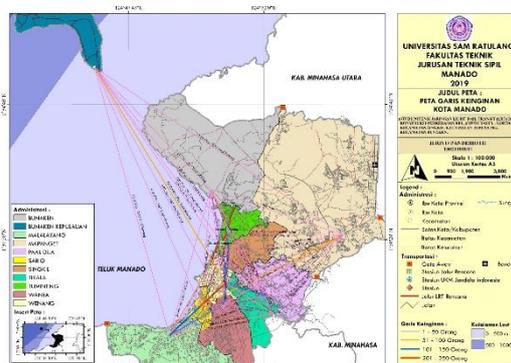
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value
Intercept	0,022946943	0,131392258	0,174644558	0,861370541
Komposisi Keluarga (X_1)	5,091612201	0,03771671	134,9961909	0
Jumlah Anggota Keluarga yg Bekerja (X_2)	0,093801213	0,046722621	2,007618829	0,044771977
Jumlah Anggota Keluarga yg Belajar (X_3)	0,097863519	0,048131526	2,033251944	0,042113607
Pendapatan Keluarga (X_6)	-	0,012885085	1,04659946	0,029536739

Nilai T untuk variabel X_1, X_2 dan X_3 diperoleh $t_{hitung} > t_{tabel}$ (nilai $t_{tabel} = 1.960$) maka H_a diterima dan dapat dilihat bahwa signifikan < 0.05 berarti H_0 ditolak. Tetapi untuk variabel X_6 diperoleh $t_{hitung} < t_{tabel}$ maka H_a ditolak dan nilai signifikan < 0.05 berarti H_0 ditolak. Dengan demikian, hasil uji t menyatakan bahwa H_0 ditolak H_a diterima. Artinya variabel X_1, X_2 dan X_3 berpengaruh terhadap jumlah pergerakan anggota keluarga per-hari.

Distribusi Perjalanan

Berdasarkan survey kuisisioner di 11 Kecamatan yang ada di Kota Manado, diperoleh pola distribusi perjalanan terbesar

menuju ke Kecamatan Wenang dengan persentase 28,96% yang digambarkan dalam bentuk garis keinginan pada Gambar 4



Gambar 4. Peta Garis Keinginan

Analisa Potensi Layanan

Tabel 4. Jumlah Pergerakan dalam Kota Manado sebagai Hasil Survai Asal Tujuan

No	Pergerakan Ke Dalam Wilayah	Jumlah Pergerakan	Total Responden	Prosentase Pergerakan (%)
1	Wenang	882	3045	28,96
2	Sario	540	3045	17,73
3	Malalayang	509	3045	16,71
4	Singkil	296	3045	9,72
5	Tuminting	212	3045	6,96
6	Tikala	177	3045	5,81
7	Wanea	142	3045	4,66
8	Bunaken	136	3045	4,46
9	Mapanget	102	3045	3,34
10	Paal 2	48	3045	1,57
11	Bunaken Kepulauan	1	3045	0,03

Berdasarkan tabel 4 maka koridor untuk LRT (*Light Rail Transit*) yaitu mengikuti prioritas bangkitan dan tarikan terbesar sesuai studi kasus dengan urutan sebagai berikut:

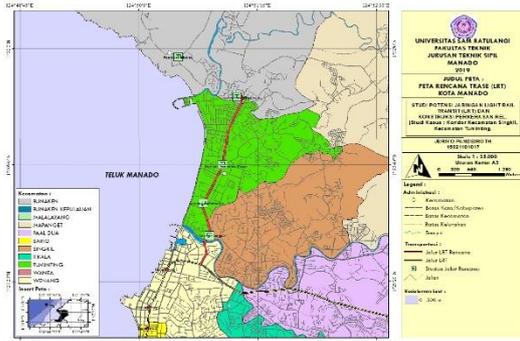
- 1) Potensi Layanan prioritas 1 koridor Kecamatan Singkil
- 2) Potensi Layanan prioritas 2 koridor Kecamatan Tuminting
- 3) Potensi Layanan prioritas 3 koridor Kecamatan Bunaken

Konsep Jaringan LRT

Berdasarkan data asal tujuan di atas kemudian ditentukan Konsep Jaringan (*Trace*) *Light Rail Transit* di Kota Manado.

Tabel 5. Koridor dan Konsep jaringan LRT

No	Route/ Trace	Panjang	Koridor
		(Meter)	
			Koridor Singkil
1	Segmen 1	650	
			Koridor Tuminting 1
2	Segmen 2	1000	
			Koridor Tuminting Pasar
3	Segmen 3	1500	
			Koridor Bunaken/Bailiang
	Total	3150	



Gambar 5. Konsep jaringan LRT

Peluang Penggunaan Light Rail Transit Kota Manado

1. Angkutan Kota Eksiting

Untuk menghitung pengaruh berapa besar penumpang angkutan kota yang akan beralih ke *Light Rail Transit* sebagai akibat beroperasinya LRT maka memerlukan perhitungan *Load Factor*. Pengambilan data untuk menghitung *Load Factor* dari angkutan umum yang dilakukan tanggal 16 juli 2019, diambil 1 kendaraan dengan arah Pusat Kota – Bailiang Raya. Pengambilan data dilakukan 3 trip pada waktu berkisar antara pukul 11.00 sampai dengan pukul 17.00 WITA yang menurut pengemudi adalah waktu padat penumpang.

Tabel 6. Load Factor Trip 1

Trip 1								
Zona	Pusat Kota – Bailiang Raya (A)				Bailiang Raya – Pusat Kota (B)			
	PN	PT	Pgz	LF	PN	PT	Pgz	LF
Zona 1	6	0	6	0,666	2	1	1	0,333
Zona 2	2	3	5	0,556	3	0	4	0,444
Zona 3	2	4	3	0,333	2	4	2	0,222
Total	10	7	14	1,556	7	7		0,7778
LF	0,519				0,249			
LF per Trip	0,389							

Tabel 7. Load Factor Trip 2

Trip 2								
Zona	Pusat Kota – Bailiang Raya (A)				Bailiang Raya – Pusat Kota (B)			
	PN	PT	Pgz	LF	PN	PT	Pgz	LF
Zona 1	5	2	3	0,333	5	2	3	0,333
Zona 2	3	3	3	0,333	6	7	2	0,222
Zona 3	3	6	0	0,000	5	7	0	0,000
Total	11	11		0,667	16	16		0,55556
LF	0,222				0,185			
LF per Trip	0,204							

Tabel 8. Load Factor Trip 3

Trip 3								
Zona	Pusat Kota – Bailiang Raya (A)				Bailiang Raya – Pusat Kota (B)			
	PN	PT	Pgz	LF	PN	PT	Pgz	LF
Zona 1	9	3	6	0,667	5	4	1	0,111
Zona 2	3	6	3	0,333	7	5	3	0,333
Zona 3	4	7	0	0,000	3	6	0	0,000
Total	13	13		1,000	15	15		0,444
LF	0,333				0,148			
LF per Trip	0,241							

Keterangan :

PN : Penumpang Naik

PT : Penumpang Turun

Pgz : Jumlah Penumpang pada suatu zona

LF : *Load Factor*

Load Factor rata-rata =

$$LF = \frac{0,278 + 0,204 + 0,241}{3} = 0,2407$$

2. Jalan Kota

Untuk menghitung pengaruh berapa besar angkutan jalan kota yang akan beralih ke *Light Rail Transit* sebagai akibat beroperasinya LRT maka memerlukan perhitungan lalu lintas harian rata-rata (LHR) untuk jalan studi rencana.

Tabel 9. Data LHR untuk Ruas Jalan Hassannudin

LHR (smp)	Jam					
	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00
Jalan Hassannudin	704,5	740,5	711	714,5	712	756

Perhitungan untuk jalan Hassannudin seperti dibawah ini:

$$LHR = \frac{\sum \text{LHR per jam}}{\text{Jumlah Data}} = \frac{704,5 + 740,5 + 711 + 714,5 + 712 + 756}{6} = 723,0833 \text{ smp/jam}$$

Jadi LHR pada jalan Hassannudin adalah 723 smp/jam.

Pengaruh *Light Rail Transit* di Kota Manado dalam mengurangi jumlah kendaraan.

Untuk LRT dengan kecepatan rata-rata 25 km/jam dan waktu transit di 5 koridor maka diasumsikan dalam sehari (06.00-22.00), spesifikasi LRT

- Waktu Operasi : 06.00 – 22.00
- Lama Operasi : 16 jam
- Kecepatan rata-rata perjalanan: 25 km/jam
- Waktu berhenti di koridor : 5 menit
- Jumlah koridor : 5 koridor
- Waktu diperlukan untuk 1 Trip: 37.6 menit
- Jumlah Trip dalam sehari : 25.53 Trip sekali jalan (13 Trip Pergi – Pulang)
- Load Factor : 1,00

Tabel 10. Karakteristik Perjalanan LRT

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

- Load Factor (LF) : 1
- Jumlah Penumpang / Gerbong : 85
- Penumpang / Gerbong
- Jumlah Gerbong per Rangkaian : 4.00 Unit
- Jumlah Rangkaian : 2.00 Rangkaian
- Jumlah Penumpang Total sekali jalan : 340 Penumpang / Sekali Jalan
- Jumlah Penumpang yang terangkut per hari 8840 Penumpang / Hari

LRT ini dapat mengurangi jumlah penumpang yang naik angkutan kota sebesar 3339 orang atau sebesar 8840 / (9 x 11 x 0,2407) = 370,97 = 371 kendaraan. Bila *Light Rail Transit* ini telah beroperasi maka dapat mengurangi jumlah kendaraan sebesar 371 unit di trayek 33 (Trayek Pusat Kota – Tuminting P.P). Jumlah penumpang LRT sekali jalan adalah 340 penumpang (680 dalam 1 Trip), maka dengan dijalankannya LRT ini dapat mengurangi jumlah kendaraan di jalan Hassannudin sebesar 340. Keadaan LHR pada jalan Hassannudin sebesar 724 smp/jam, jika total LHR dibagi secara golongan kendaraan maka dalam persen diasumsikan 60% kendaraan pribadi, 20% mikrolet, 15% taksi online, dan 5% angkutan

manual. Dengan adanya pengaruh LRT maka Lalu Lintas Harian Rata-rata pada jalan Hassannudin akan berkurang sebesar 724 – 340 = 383 smp/jam sehingga dapat mengurangi kepadatan lalu lintas.

Pembahasan Analisis dalam Konstruksi Perkerasan Rel.

Dalam penelitian ini, untuk menentukan konstruksi perkerasan rel Menurut Peraturan Menteri No. 60 tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api dibutuhkan beberapa data sebagai berikut :

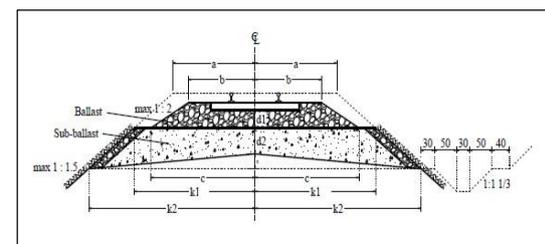
Data CBR Tanah Dasar (Jl. Hassanudin) : 8,60 % (Asumsi)

NO	Rute/Trace	Panjang (m)	Koridor	Speed rata2 (m/jam)	Lama bergerak	Lama berhenti
			Singkil			5
1	Segmen 1	650		416	1,559	
			Tuminting 1			5
2	Segmen	1000		416	2,399	
			Tuminting Pasar			5
3	Segmen 3	1500		416	3,599	
			Bailang Raya			5
	Total panjang	5250			7,557	25
			Waktu untuk 1 Trip		27,55	

2. Menentukan Lapisan Pondasi Bawah (Subballast)

Tabel 12. Ukuran untuk konstruksi balas dan subbalas sesuai dengan kelas jalan

Kelas Jalan	Vmaks (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



Gambar 6. Penampang melintang jalan rel pada bagian lurus

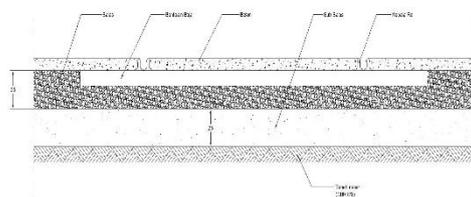
3. Menentukan Lapisan Tanah Dasar (Subgrade).

Menurut ketentuan yang digunakan oleh PT. Kereta Api (persero), kuat dukung tanah dasar (CBR) minimum ialah sebesar 8%. Tanah dasar yang harus memenuhi syarat minimum CBR 8% tersebut adalah tanah dasar setebal minimum 30 cm. Dari standard ketentuan Lapisan Tanah Dasar (Subgrade) diatas menunjukan bahwa data CBR tanah di Jl. Hassanuddin Kota Manado memenuhi standard CBR Minimum Lapisan Tanah Dasar (Subgrade) sebesar 8.60% atau lebih dari standard minimum CBR Jalan Rel 8%.

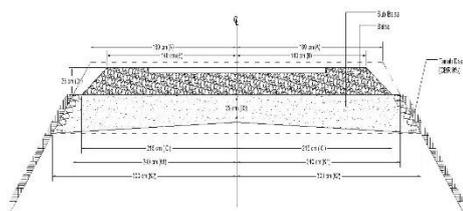
Dari ketiga penentuan lapisan konstruksi perkerasan rel diatas dan data yang ada, maka dapat digambarkan lapis perkerasan jalan rel sebagai berikut:

Tabel 13. Klasifikasi Jalan Rel

Kelas Jalan	Daya Angkut Lintas (ton)	Vmaks (km/jam)	Pmaks Gandar (ton)	Tipe Rel	Jenis Bantalan		Tebal Balas Atas (cm)	Lebar Balas Balas (cm)
					Jarak antar sumbu bantalan (cm)	Jenis Penambat		
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



Rel Sebidang



Gambar 8. Lapisan Konstruksi Perkerasan Rel

PENUTUP

Kesimpulan

- Variabel yang mempengaruhi bangkitan pergerakan keluarga di Kota Manado adalah komposisi keluarga, jumlah anggota keluarga yang bekerja, jumlah anggota keluarga yang belajar dan pendapatan keluarga. Hasil ini dirumuskan dalam persamaan linear berganda sebagai model untuk jumlah pergerakan keluarga perhari yaitu: $Y=0.022 + 5.091 X_1 + 0.093 X_2 + 0.097 X_3 - 0.013 X_6$. Nilai Koefisien Determinan (R^2) yang diperoleh yaitu sebesar 0,924. Hal ini berarti jumlah produksi perjalanan yang dihasilkan dapat dijelaskan oleh variabel-variabelnya sebesar 92,4%. Pola distribusi perjalanan yang diakibatkan oleh adanya pergerakan: Hasilnya digambarkan lewat peta garis keinginan menunjukkan Distribusi perjalanan yang terjadi dari setiap kecamatan terdapat 28,97% responden melakukan perjalanan ke kecamatan Wenang sebagai titik pusat kota dan berdasarkan data hasil analisa asal – tujuan potensi pergerakan terbesar untuk wilayah studi kasus terjadi kedalam Kecamatan Singkil dengan persentase sebesar 9,72% dari total pergerakan yang terjadi. Pergerakan kedua terbesar terjadi pada Kecamatan Tuminting dengan persentase sebesar 6,96% dari total pergerakan yang terjadi. Pergerakan ketiga terbesar terjadi pada Kecamatan Bunaken dengan persentase sebesar 4,46% dari total pergerakan yang terjadi. Jadi jaringan *Light Rail Transit* sesuai dengan hasil besar pergerakan hanya **berpotensi** pada Kecamatan Singkil dan Kecamatan Tuminting.
- Menganalisa konsep jaringan koridor *Light Rail Transit* dan mengetahui peluang penggunaan *Light Rail Transit* di Kota Manado : Berdasarkan data hasil analisa asal tujuan diatas kemudian ditentukan Konsep Jaringan (Trace) *Light Rail Transit* di Kota Manado yaitu Koridor Singkil - Koridor Tuminting 1 – Koridor

- Tumiting Pasar – Koridor Bailang Raya dengan jumlah koridor sebanyak 4 dan 3 segmen serta panjang total 3150 meter. Pengaruh *Light Rail Transit* Di Kota Manado Dalam Mengurangi Jumlah Kendaraan Angkutan Kota, LRT ini dapat mengurangi jumlah penumpang yang naik angkutan kota sebesar 3465 orang atau sebesar $8880 / (9 \times 11 \times 0,2402) = 375,97 = 376$ kendaraan. Bila *Light Rail Transit* ini telah beroperasi maka dapat mengurangi jumlah kendaraan sebesar 376 unit di trayek 33 dan 34. *Light Rail Transit* ini juga berpengaruh juga terhadap lalu lintas jalan kota. Pada jalur rencana jaringan LRT misalnya pada jalan Hassannudin memiliki LHR sebesar 724 smp/jam sebelum adanya LRT ini maka dengan dijalankannya LRT ini pada jalan hassannudin LHR akan berkurang sebesar $724 - 340 = 383$ smp/jam sehingga dapat mengurangi kepadatan lalu lintas.
3. Menganalisa konstruksi perkerasan jalan rel yang akan digunakan dalam area jaringan *Light Rail Transit* : Untuk konstruksi perkerasan rel menurut Peraturan Menteri No. 60 tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api didapat hasil perencanaan lapis perkerasan jalan rel untuk lapisan pondasi atas (*Ballast*), lapisan pondasi bawah (*Subballast*), dan lapisan tanah dasar (*Subgrade*) sesuai data rencana yang digunakan mendapatkan hasil tebal lapis konstruksi rel menggunakan tabel klasifikasi jalan rel yaitu: Jalan Kelas V dengan penggunaan tipe rel R.42, jenis bantalan Kayu/Baja, jarak antar sumbu bantalan 60 cm, dan jenis penambat bisa menggunakan tunggal dengan tebal balas 25 cm.
- Saran**
1. Dengan persentase terbesar untuk jumlah perjalanan menuju ke kecamatan Wenang maka diperlukan adanya perbaikan sistem tata guna lahan yang ada dengan tidak lagi membangun pusat-pusat kegiatan yang baru untuk wilayah pusat kota, tetapi memusatkan pengembangan sarana potensial di wilayah kecamatan masing-masing.
 2. Menjadikan *Light Rail Transit* atau LRT sebagai salah satu solusi untuk mengatasi kemacetan di Kota Manado.
 3. Kurangnya penyediaan ruang jalan untuk permintaan lalu lintas merupakan faktor yang mengakibatkan kepadatan dan kemacetan lalu lintas, jika faktor diatas ditingkatkan maka banyak pelaku perjalanan yang menggunakan kendaraan pribadi akan berpindah ke angkutan massal berbasis rel seperti *Light Rail Transit* atau LRT.

DAFTAR PUSTAKA

- Alqifari, 2000. Analisis Regresi (Teori, Kasus dan Solusi). Penerbit BPFE Yogyakarta.
- Bongso, S.E., 2019. Studi Potensi Jaringan Light Rail Transit (LRT) dan Konstruksi Perkerasan Rel. (Studi Kasus: Koridor Kecamatan Wenang, Kecamatan Sario, dan Kecamatan Malalayang). *Jurnal Sipil Statik*, 7(10)
- Febrianda, M., and Herijanto, W., 2013. Studi Perencanaan Rute LRT (Light Rail Transit) Sebagai Moda Pengumpan (Feeder) MRT Jakarta. 1. *Jurnal Teknik Pomits*, 1(1).
- Hobbs F. D., 1999. *Perencanaan dan Teknik Lalu Lintas*. Gajah Mada University Press.
- Levinson H.S., 1976. *Transportation And Traffic Engineering Handbook*, New Jersey.
- Manoppo, M.R.E., Sendow, T.K., 2011. ANALISA BANGKITAN PERGERAKAN DAN DISTRIBUSI PERJALANAN DI KOTA MANADO 1, 7. *Jurnal Ilmiah MEDIA ENGINEERING*, 1(1).

- Morlok, E. K. 1991. *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*. Penerbit Erlangga Jakarta.
- Mc Nally G. Michael. 2000. *The Four Step Model*, University of California, Paper UCIITS-AS-WP-00-5, Irvine, USA.
- Oruzar and Wiliamsen, 1990. *Modelling Transport*. England.
- Peraturan Menetri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM. 60 Tahun 2012. *Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api*.
- simplethings, 2011. Chapter 4: Metode Penelitian. SimpleThings. URL <https://virtualyuni.wordpress.com/2011/03/08/chapter-4-metode-penelitian/> (accessed 1.30.19).
- Supranto, J., 1993. *Statistik Teori dan Aplikasi*, Kelima Jilid 2. ed. Erlangga Jakarta.
- Santosa Purbayu Budi dan Ashari. 2005. *Analisis Statistik dengan Microsoft Excel & SPSS*. ANDI Yogyakarta.
- Satuti, A., 2008. *Perencanaan Jalur Ganda Kereta Api Lintas Cirebon-Kroya , Koridor Prupuk-Puwokerto*. Undergraduate thesis, F. Teknik Undip.
- Tamin Ofyar, Z. 2000. *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*, Edisi kedua. ITB Bandung.
- Titirlolobi, A.I., 2016. ANALISA KINERJA RUAS JALAN HASANUDDIN KOTA MANADO 9. *Jurnal Sipil Statik*, 4(7).

Halaman ini sengaja dikosongkan