

**PENGARUH PENYEMPITAN JALAN  
TERHADAP KARAKTERISTIK LALU LINTAS  
(Studi Kasus pada Ruas Jalan Kota Demak-Kudus Road, Km. 5) <sup>(1)</sup>**

**Yupiter Indrajaya<sup>2</sup>, Bambang Riyanto<sup>3</sup>, Das'at Widodo<sup>4</sup>**

**ABSTRAK**

*Kondisi penyempitan jalan dapat terjadi pada saat memasuki jembatan, terjadinya suatu kecelakaan, pada saat terjadi perbaikan jalan.*

*Didalam menentukan hubungan karakteristik lalulintas digunakan tiga metode pendekatan yaitu : linier Greenshield, logaritmik Greenberg, eksponensial Underwood. Pada kondisi jalan normal, kecepatan kendaraan lebih besar dibandingkan dengan kondisi jalan menyempit dan pertemuan jalan normal dan menyempit, hal ini disebabkan perbedaan karakteristik geometrik jalan, dari kondisi jalan 2 lajur menjadi 1 lajur.*

*Dari hasil analisa dan perhitungan pada kondisi jalan menyempit diperoleh analisa regresi untuk koefisien determinasi, baik pada metode Greenshield ( $R^2 = 0.5519$ ), Greenberg ( $R^2 = 0.5415$ ), and Underwood ( $R^2 = 0.5504$ ), lebih besar dibandingkan pada kondisi jalan normal (Greenshield  $R^2 = 0.405$ , Greenberg  $R^2 = 0.4163$ , and Underwood  $R^2 = 0.4092$ ) ataupun pada kondisi pertemuan jalan normal dan menyempit. (Greenshield  $R^2 = 0.4498$ , Greenberg  $R^2 = 0.4999$ , and Underwood  $R^2 = 0.4182$ ). Ini artinya pasangan data arus dan kecepatan pada kondisi jalan menyempit lebih menggambarkan kondisi berbagai kerapatan dari yang kecil hingga yang besar. Kerapatan ruang rata-rata pada arus bebas pada model Greenshield dan model Underwood memberikan hasil yang hampir sama pada kondisi penggal jalan yang sama meskipun terjadi selisih pada nilai arus maksimum dan kerapatan, hal ini disebabkan karakteristik lokasi lebih cocok menggunakan model Greenshield dan Underwood dibandingkan dengan model Greenberg. Pada kondisi penggal jalan menyempit diperoleh hasil Greenshield : ( $U_f = 56.96$  Km/jam;  $D_j = 71.46$  smp/km;  $V_{maks} = 1017.51$  smp/jam/arah), Underwood : ( $U_f = 60.58$  Km/jam;  $D_m = 50$  smp/km;  $V_{maks} = 1114.23$  smp/jam/arah), sementara pada model Greenberg ( $U_m = 15.39$  Km/jam;  $D_j = 276.28$  Smp/Km;  $V_{maks} = 1564.43$  smp/jam/arah). Gelombang kejut yang diperoleh pada model Greenshield, terjadi pada lima periode pada saat demand melebihi kapasitas yaitu pada jam: 08.05-08.15 ( $\omega = -2.49$  km/jam), 08.45-08.50, ( $\omega = -1.42$  km/jam), 10.35-11.00 ( $\omega = -1.32$  km/jam), 15.20-15.30 ( $\omega = -2.65$  km/jam), 16.20-16.25 ( $\omega = -2.42$  km/jam), sedangkan pada model Underwood terjadi gelombang kejut pada tiga periode waktu yaitu pada jam: 08.05-08.10 ( $\omega = -0.0189$  km/jam), 15.25-15.30 ( $\omega = 0.0635$  km/jam), 16.20-16.25 ( $\omega = 0.05$  km/jam). Lama terjadi antrian pada model Greenshield masing-masing terjadi selama 13 menit 28 detik, 5 menit 1 detik, 26 menit 26 detik, 10 menit 29 detik dan 10 menit 3 detik, sedangkan pada model Underwood lama antrian masing-masing terjadi selama 5 menit 9 detik, 5 menit 6 detik, 5 menit 10 detik. Sehingga dengan diperolehnya hasil perhitungan tersebut, dapat memprediksi panjang antrian yang mendekati keadaan sebenarnya dalam mengatasi kemacetan yang terjadi akibat pengaruh penyempitan jalan. Berdasarkan hasil pengamatan dilapangan panjang antrian maksimum diperoleh sepanjang 55 m, sementara panjang antrian maksimum pada model Greenshield*

---

<sup>1</sup> PILAR Volume 12, Nomor 2, September 2003 : halaman 64 - 72

<sup>2</sup> Alumnus S2 - MTS Universitas Diponegoro Semarang

<sup>3,4</sup> Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang

yaitu: 2644.7 m, sedangkan pada model Underwood 63.5 m, Sehingga model yang lebih sesuai dengan kondisi lapangan yang sebenarnya yaitu pada model Underwood

**Keyword.:** arus, kecepatan, kerapatan lalu lintas

## LATAR BELAKANG

Permasalahan Transportasi merupakan masalah yang selalu dihadapi oleh Negara-negara yang telah maju dan juga oleh Negara yang sedang berkembang seperti Indonesia, baik dibidang Transportasi perkotaan (*Urban Transportation*) maupun transportasi antar kota (*Rural Transportation*). Terciptanya suatu sistem transportasi yang menjamin pergerakan manusia, kendaraan dan atau barang secara lancar, aman, cepat, murah, nyaman dan sesuai dengan lingkungan sudah merupakan tujuan pembangunan dalam sektor transportasi.

Salah satu permasalahan yang turut memperburuk kondisi lalu lintas, yang akan dijadikan bahan penelitian disini adalah masalah penyempitan jalan pada ruas jalan yang padat arus lalu lintasnya. Penyempitan jalan adalah : suatu bagian jalan dengan kondisi kapasitas lalu lintas sesudahnya (*down stream*) lebih kecil dari bagian masuk (*up stream*). Kondisi jalan seperti ini dapat terjadi misalnya pada saat memasuki jembatan, terjadinya suatu kecelakaan yang menyebabkan sebagian lebar jalan ditutup, pada saat terjadi perbaikan jalan atau kondisi lainnya, yang menyebabkan terjadinya perubahan perjalanan kendaraan dari arus bebas (*Uninterrupted Flow*) menjadi terganggu (*Interrupted Flow*) sehingga terjadi penurunan kecepatan dan bertambahnya kerapatan antar kendaraan. pengaruh penyempitan jalan ini tidak berarti sama sekali apabila arus lalu-lintas (*demand*) lebih kecil dari pada daya tampung atau kapasitas jalan (*supply*) pada daerah Penyempitan sehingga arus lalu-lintas dapat terlewatkan dengan mudah tanpa ada hambatan.

## MAKSUD DAN TUJUAN

### Maksud

Maksud dilakukannya penelitian ini adalah : untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penyempitan jalan terhadap arus, kecepatan dan kerapatan lalu-lintas pada lokasi studi.

### Tujuan

Sedangkan Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

- Untuk mengetahui hubungan antara arus (*flow*), kecepatan (*speed*) dan kerapatan (*density*) lalu lintas akibat terjadinya penyempitan jalan pada lokasi studi.
- Untuk mengetahui nilai arus dan kerapatan maksimum baik pada jalan normal maupun pada jalan yang menyempit pada lokasi studi.
- Untuk mengetahui nilai Gelombang Kejut akibat terjadinya penyempitan jalan pada lokasi studi.

Selanjutnya hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan bagi perencanaan dan pengoperasian lalu-lintas sehingga dapat dihasilkan perencanaan yang tepat, efisien, dan efektif. Serta dapat memprediksi perhitungan panjang antrian yang mendekati kenyataan yang ada sehingga dapat digunakan dalam mengatasi kemacetan yang terjadi akibat pengaruh penyempitan jalan pada lokasi studi.

### Lokasi Studi

Lokasi studi penelitian ini terletak pada jalur lalu lintas antara kota Demak-Kudus, Km 5. Dengan medan topografi datar, pengaruh gangguan samping relatif kecil dan hampir tidak ada, serta kondisi perkerasan relatif baik, sehingga pengaruh lalu lintas yang terjadi murni karena penyempitan jalan.

**Batasan Masalah**

Mengingat akan keterbatasan waktu, tenaga, serta biaya, maka ruang lingkup permasalahan pada penelitian ini dibatasi oleh :

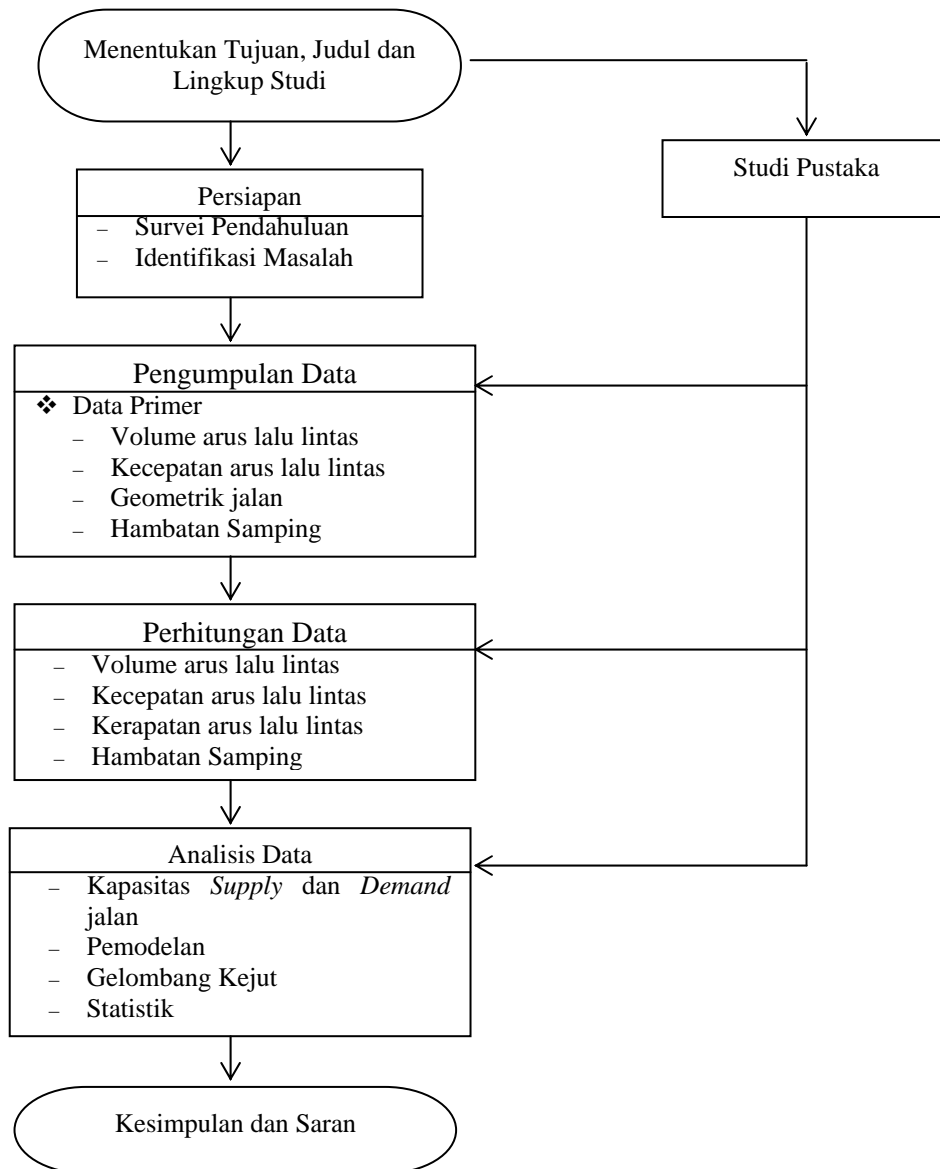
- a. Ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada satu lokasi studi yakni pada ruas jalan kota Demak-Kudus, Km 5.
- b. Analisis hanya dilakukan pada aspek *supply* dan *demand* di jalan pada lokasi studi.
- c. Analisis hubungan antara arus (*flow*), kecepatan (*speed*) dan kerapatan (*density*) lalu lintas dengan menggunakan model

pendekatan yaitu model *linier Greenshields*, model *Logaritmik Greenberg*, dan model Eksponensial *Underwood*.

- d. Penentuan nilai gelombang kejut didasarkan pada penentuan model pendekatan terpilih.

**METODOLOGI**

Secara keseluruhan kegiatan penyusunan tesis ini dapat digambarkan ke dalam bagan alir sebagai berikut :



Gambar 1. Bagan Alur Kegiatan

## PENYAJIAN DAN PENGOLAHAN DATA.

### 1. Ruas Jalan

Dari dua bagian tersebut yang disurvei adalah arah yang menuju ke Demak, secara rinci data ruas jalan tersebut adalah sebagai berikut :

- Kondisi Normal.
  1. Terdiri dari 4 lajur, 2 arah.
  2. Lebar masing-masing lajur : 3,5 m
  3. Pemisah arah dibatasi oleh Median
  4. Pemisah lajur berupa marka garis lurus terputus-putus.
  5. Kondisi perkerasan baik.
  6. Bahu jalan : 2 m ( Bahu dalam + luar )
- Kondisi Menyempit
  1. Terdiri dari 2 lajur, 2 arah.
  2. Lebar lajur : 3,5 m.
  3. Pemisah arah berupa marka garis lurus terputus-putus.
  4. Kondisi perkerasan relatif baik (sedikit berlobang).
  5. Bahu jalan : 1,5 m ( Bahu tak diperkeras)

### 2. Volume Lalu – lintas

Volume lalu lintas yang lewat dicatat pada 4 tempat secara terpisah, yaitu pada bagian jalan Normal di lajur tengah dan lajur tepi, pada bagian jalan pertemuan antara jalan Normal dan menyempit serta pada bagian jalan menyempit.

### 3. Kecepatan Kendaraan.

Seperti halnya pada pengambilan data volume lalu lintas, pada pengambilan data kecepatan kendaraan inipun dilakukan empat tempat terpisah.

Pengambilan data kecepatan pada tiap-tiap lajur yaitu dua lajur pada jalan kondisi normal, satu lajur pada kondisi pertemuan jalan antara jalan Normal dan menyempit serta satu lajur pada jalan kondisi menyempit.

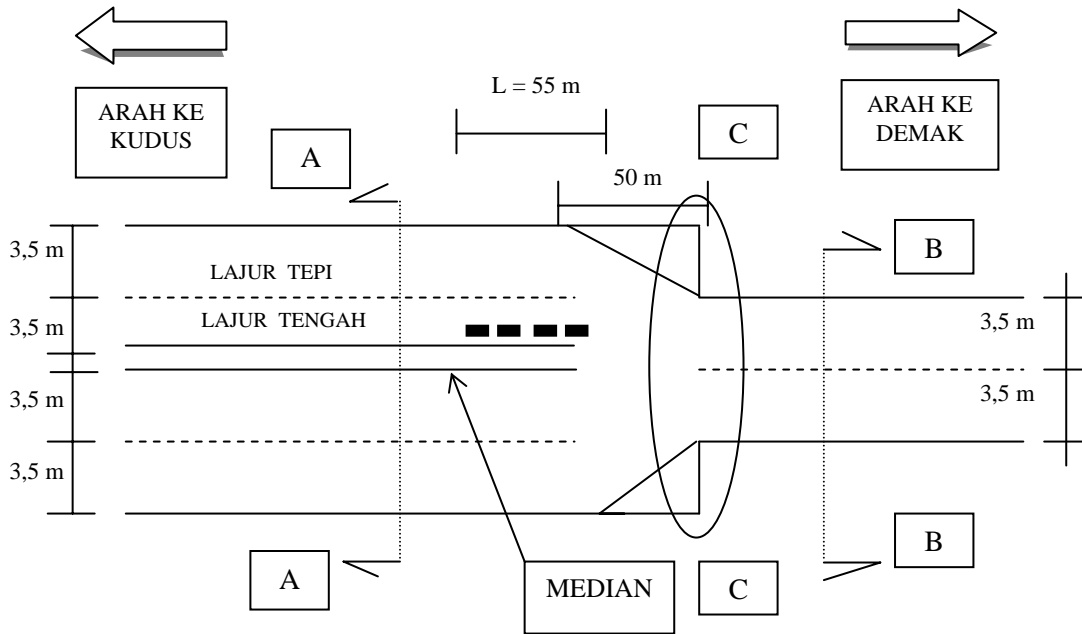
### 4. Hambatan Samping

Dari hasil pengamatan terhadap jalan yang digunakan untuk penelitian, dapat diketahui bahwa beberapa tipe kejadian hambatan samping yang dominan terjadi di sepanjang

jalan yang diamati (terutama pada jam puncak) yaitu banyaknya kendaraan tak bermotor (sepeda) yang beroperasi dan pejalan kaki.

### 5. Cara Pengolahan Data.

Dari hasil pencatatan jumlah kendaraan sebenarnya di lapangan pada penggal jalan menyempit dan pertemuan antara jalan menyempit dan normal masing-masing untuk arah ke Demak dan arah ke Kudus untuk *time slice* 5 menitan kemudian data masing-masing kendaraan tersebut kemudian dijumlah dan dijadikan dalam satuan kendaraan per jam. Untuk menghitung *prosentase* kendaraan pada masing-masing arah yaitu dengan menjumlahkan kendaraan untuk dua arah, kemudian masing-masing arah dapat diketahui persentasenya setelah masing-masing arah dibagi total kedua arah dan dikalikan seratus. Selanjutnya setelah diketahui jumlah total kendaraan untuk dua arah sebagai syarat untuk mendapatkan nilai konversi kendaraan akan dihitung jumlah volume sebenarnya dalam satuan mobil penumpang (smp) dengan mengkombinasikan hasil survei untuk masing-masing jenis kendaraan dengan satuan nilai konversi. Karena total volume biasanya tidak tepat sama dengan satuan yang ada di tabel, maka perlu dilakukan penyesuaian dengan Interpolasi. Sebagai contoh pada *time slice* 08.00 – 08.05 pada volume lalu lintas penggal jalan menyempit arah Demak. Jumlah volume total dua arah. 1584 kendaraan, yang berada pada range antara 1350 sampai 1900, maka untuk menentukan nilai konversi, misal pada MHV dari 1,5 sampai dengan 1,3 perlu diadakan *Interpolasi* nilai tersebut, yaitu :  $1,5 - \{[(1584-1350)/(1900-1350)] \times (1,3-1,5)\} = 1,415$ . Didasarkan pada jumlah volume per arah, maka cukup dihitung total jumlah kendaraan arah ke Demak saja. Kemudian untuk perhitungan volume kendaraan dalam satuan mobil penumpang (smp) untuk penggal jalan normal lajur tengah dan tepi keduanya untuk arah ke Demak, nilai konversi perlu diinterpolasi sama dengan proses pada perhitungan penggal jalan menyempit.



Gambar 2. Denah Lokasi

Keterangan :

A-A : Penggal Jalan Normal

B-B : Penggal Jalan Menyempit

C-C : Penggal Jalan Pertemuan antara Jalan Normal dan Menyempit

L : Panjang antrian maksimum hasil pengamatan dilapangan.

### - Kecepatan dan Kerapatan

Untuk mencari kecepatan ruang tiap jenis kendaraan diperoleh dengan rumus :

$$50 \text{ m} / \{(t_1+t_2+\dots+t_n) / n\} \text{ detik.}$$

Dengan catatan bahwa angka 50 m adalah jarak tempuh kendaraan yang disurvei  $t_i$  adalah waktu yang dibutuhkan untuk melintasi jarak 50 m dalam detik. Mengingat kecepatan yang dihitung dalam satuan Km / jam, maka rumus di atas perlu disesuaikan dengan satuan yang ada sehingga diperoleh rumusan baru :

$$\{(50/1000) \text{ Km} / [(t_1+t_2+\dots+t_n) / (n \times 3600)]\} \text{ jam.}$$

Kemudian untuk mencari kecepatan rata-rata ruang untuk seluruh jenis kendaraan, diperoleh dengan cara sama seperti pada mencari kecepatan ruang tiap jenis kendaraan. Sedangkan untuk menghitung nilai kerapatan adalah dengan membagi volume kendaraan dengan kecepatan rata-rata ruang pada *time slice* yang bersesuaian.

### - Hambatan Samping

Setelah didapat masing-masing jenis hambatan (pada jam puncak) kemudian dijumlahkan masing-masing jenis hambatan sehingga didapatkan frekuensi kejadian masing-masing jenis hambatan samping. Selanjutnya menghitung frekuensi berbobot yaitu dengan mengalikan frekuensi kejadian masing-masing jenis hambatan samping dengan faktor bobot masing-masing jenis hambatan samping, kemudian didapatkan total hambatan samping dengan menjumlahkan seluruh frekuensi kejadian setelah dikalikan dengan faktor bobot. Setelah didapatkan total hambatan samping kemudian disesuaikan dengan kelas hambatan samping. Sehingga akhirnya didapatkan kategori kelas hambatan samping pada kondisi jalan menyempit dan jalan normal yaitu berkategori kelas hambatan samping rendah berdasarkan nilai frekuensi berbobot kejadian masing-masing bernilai 67 dan 59.

## ANALISIS

Hubungan antara ketiga variabel tersebut diatas disusun berdasarkan data arus lalu lintas dan kecepatan kendaraan yang diambil tiap periode 5 menitan yang disusun dalam suatu daftar secara berpasangan selanjutnya nilai kerapatan dapat dicari dengan persamaan dasar  $V = D \cdot U_s$ . Hubungan antara kecepatan ( $U_s$ ), kerapatan ( $D$ ) dan arus ( $V$ ), dianalisis dengan menggunakan tiga metode yakni metode *Greenshield*, *Greenberg* dan *Underwood*. Penyelesaian statistik didekati dengan mencari hubungan antara kecepatan dan kerapatan melalui metode *regresi*.

Hubungan antara kecepatan dan kerapatan masing-masing dengan metode *Greenshield*, *Greenberg* dan *Underwood* adalah sebagai berikut :

$$a. \textit{Greenshield} : U_s = U_f - (U_f/D_j) \cdot D \dots (1)$$

$$b. \textit{Greenberg} : U_s = U_m \cdot \ln (D_j/D) \dots (2)$$

$$c. \textit{Underwood} : U_s = U_f \cdot e^{-D/D_m} \dots (3)$$

### 1. Pengujian Statistik

Variabel yang diuji pada penelitian ini adalah nilai F dan t yang merupakan alat kontrol dari hasil analisis statistik., dalam hal ini regresi linier, dengan membandingkan antara nilai F dan t yang diperoleh dari hasil perhitungan dengan nilai F dan t dari tabel. Pengujian dikatakan benar jika nilai F dan t dari hasil perhitungan lebih besar daripada dari tabel, kemudian nilai  $R^2$  yang merupakan koefisien *determinasi* yang menunjukkan berapa besar pengaruh variabel *independen* (X) terhadap variabel *dependen* (Y) Terlihat bahwa nilai F dan t untuk seluruh hitungan lebih besar dari pada nilai F dan t dari tabel pada tingkat kepercayaan 95 %, sehingga secara statistik seluruh model dapat digunakan.

### 2. Kajian Hasil Analisa

Rumusan model hubungan yang telah digambar seperti diatas, terlihat bahwa untuk model hubungan kecepatan-kerapatan pada model *Greenberg* memberikan nilai *intercept* yang besar karena sesuai dengan hubungan model bentuk *logaritma*. Dalam hubungan kecepatan-kerapatan model *Greenshield*

memberikan besaran kerapatan jenuh tertentu, sedangkan model yang lain mempunyai nilai besaran kerapatan yang sangat besar. Pada model hubungan kecepatan-volume model *Greenberg* terlihat memberikan besaran  $V_{maks}$  yang cukup tinggi atau dengan kata lain penurunan kecepatan tidak selalu diikuti penambahan volume. Hal ini disebabkan karakteristik lokasi yang diamati kurang cocok menggunakan model *Greenberg*, baik pada karakteristik lalulintas ataupun geometrik jalannya. Pada kondisi jalan menyempit (*section B-B*) dari analisa *regresi*, diperoleh koefisien *determinasi*, baik pada metode *Greenshield*, *Greenberg*, *Underwood* lebih besar dibandingkan dengan pada kondisi jalan normal (*section A-A*) ataupun pada kondisi pertemuan jalan normal dan menyempit (*section C-C*). Ini artinya pasangan data arus dan kecepatan pada kondisi jalan menyempit (*section B-B*) lebih menggambarkan kondisi berbagai kerapatan dari yang kecil hingga yang besar. Dari hasil uji F dan t, baik pada kondisi jalan normal (*section A-A*), pertemuan jalan normal dan menyempit (*section C-C*), jalan menyempit (*section B-B*), untuk model *Greenberg* lebih kecil dibandingkan dengan model *Greenshield* dan model *Underwood*, ini artinya kerapatan kurang berpengaruh terhadap kecepatan kendaraan serta tingkat *signifikansi variance* antara kerapatan dan kecepatan kendaraan sangat kecil.

### 3. Menentukan nilai Arus (Volume) maksimum

Nilai Arus maksimum dapat diperoleh dengan menggunakan rumus yang telah diturunkan dan dibahas pada BAB II landasan teori sebelumnya, dengan demikian maka pada penentuan arus maksimum langsung dipakai rumus yang ada.

#### -Model *Greenshields*

$$V_m = \frac{1}{4} (D_j \cdot U_f) \dots (4)$$

#### -Model *Greenberg*.

$$V_m = (D_j \cdot U_m) / e \dots (5)$$

#### -Model *Underwood*.

$$V_m = (D_m \cdot U_f) / e \dots (6)$$

**-Perhitungan Kapasitas.**

Menurut IHCM, perhitungan kapasitas dapat dihitung dengan rumus ;

$$C = Co \times Fcw \times FCsp \times FCsf \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan :

- C = Kapasitas (smp/ jam).
- Co = Kapasitas dasar.
- Fcw = Faktor penyesuaian akibat lebar jalur lalu lintas.
- FCsp = Faktor penyesuaian akibat pemisahan arah.
- FCsf = Faktor penyesuaian akibat hambatan samping

**4. Penentuan Model Terpilih.**

Penentuan model terpilih untuk perhitungan gelombang kejut didasarkan pada kriteria nilai uji F, t dan R<sup>2</sup> yang besar, disamping itu dilihat juga arus maksimum yang dicapai masing-masing model. Pada model *Greenberg* didapatkan hasil nilai arus maksimum (*supply*) yang lebih besar daripada nilai arus yang datang (*demand*) sehingga tidak akan terjadi gelombang kejut, serta mempunyai nilai uji F, t dan R<sup>2</sup> lebih kecil dibandingkan dengan model *Greenshield* dan *Underwood*. Untuk lebih membuktikan model mana yang paling ideal berikut ini dicoba untuk dihitung, kedua model terpilih tersebut yaitu : Model *Greenshield* dan Model *Underwood*. Nilai arus maksimum dari model terpilih tersebut yaitu : Model *Greenshield* dan Model *Underwood* sebagai dasar perhitungan analisis gelombang kejut :

- a. Model *Greenshield*  
Vm = 1017,5048 smp/jam/lajur
- b. Model *Underwood*  
Vm = 1114,2333 smp/jam/lajur

**5. Nilai Gelombang Kejut.**

Perhitungan gelombang kejut pada penyempitan jalan ini dimulai dengan mengplot antara arus yang masuk (*demand*) dari *upstream* yaitu : gabungan arus pada lajur tengah dan tepi pada penggal jalan normal dan kapasitas penyempitan jalan (*supply*) yang didasarkan pada arus maksimum terpilih terhadap waktu .Analisis dimulai bilamana demand melebihi Kapasitas. terlihat bahwa pada Model *Greenshield* terdapat lima periode saat *demand* melebihi kapasitas, yaitu : pada

jam 08.05 – 08.15, 08.45 – 08.50, 10.35 – 11.00, 15.20 – 15.30, 16.20-16.25 serta tiga periode yaitu pada jam 08.05-08.10, 15.25-15.30, 16.20-16.25 pada Model *Underwood*. Gelombang kejut terjadi pada saat *demand* lebih besar dari kapasitas dihitung mengikuti rumus :

$$\omega = \frac{V_1 - V_2}{D_1 - D_2} \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan :

- V<sub>1</sub> = Arus dari bagian *upstream* (smp/jam).
- V<sub>2</sub> = Arus maksimum yang dapat terlewatkan pada jalan menyempit (smp/jam).
- D<sub>1</sub> = Kerapatan kendaraan pada *upstream* (smp/Km).
- D<sub>2</sub> = Kerapatan kendaraan pada penyempitan jalan (smp/Km).

Sedangkan panjang kendaraan dalam antrian dihitung dengan rumus :

$$N = (V_1 - V_2) + (\omega) (D_1) \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan :

- N = Jumlah kendaraan dalam antrian smp.
- Panjang antrian dihitung sebagai berikut :

$$L = \frac{N}{D_2} \dots\dots\dots(10)$$

Berdasarkan pengamatan dilapangan panjang antrian maksimum yang terjadi yaitu sepanjang: 0,045 Km

**KESIMPULAN**

Dari seluruh proses pengamatan, perhitungan dan analisis pada arus lalu lintas yang terjadi pada kondisi penyempitan jalan pada Jalan Arteri Primer, kilometer lima dari Demak menuju ke Kudus ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Terdapat perbedaan kecepatan perjalanan yang cukup mendasar pada ketiga kondisi jalan tersebut, yang disebabkan perbedaan karakteristik geometrik jalan, seperti dari kondisi jalan 2 lajur menjadi 1 lajur, pada kondisi jalan normal kecepatannya lebih besar dibandingkan dengan kondisi jalan

- menyempit dan pertemuan jalan normal dan menyempit.
2. Pada kondisi jalan menyempit dari analisa regresi, diperoleh koefisien determinasi, baik pada metode *Greenshield* ( $R^2 = 0,5519$ ), *Greenberg* ( $R^2 = 0,5415$ ), *Underwood* ( $R^2 = 0,5504$ ) lebih besar dibandingkan dengan pada kondisi jalan normal (*Greenshield*  $R^2 = 0,405$ ; *Greenberg*  $R^2 = 0,4163$ ; *Underwood*  $R^2 = 0,4092$ ) ataupun pada kondisi pertemuan jalan normal dan menyempit (*Greenshield*  $R^2 = 0,4498$ ; *Greenberg*  $R^2 = 0,4999$ ; *Underwood*  $R^2 = 0,4182$ ). Ini artinya pasangan data arus dan kecepatan pada kondisi jalan menyempit lebih menggambarkan kondisi berbagai kerapatan dari yang kecil hingga yang besar.
  3. Kecepatan ruang rata-rata pada arus bebas (*free flow speed*) pada model *Greenshield* dan model *Underwood* memberikan hasil yang hampir sama pada kondisi penggal jalan yang sama meskipun terjadi selisih pada nilai arus maksimum dan kerapatan, sementara pada model *Greenberg* diperoleh kecepatan ruang rata-rata pada arus bebas tidak terhingga, hal ini lebih disebabkan karakteristik lokasi yang diamati kurang cocok menggunakan model *Greenbeg*, baik karakteristik lalu lintas ataupun geometrik jalannya.
  4. Dari hasil analisa dan perhitungan pada lokasi jalan yang diamati, telah terjadi gelombang kejut, namun tidak mengakibatkan antrian yang terlalu panjang, sebagai contoh pada saat periode waktu 15.25-15.30 telah terjadi gelombang kejut mundur bentukan dengan panjang antrian maksimum 63,5 m (pada model *Underwood*).
  5. Dari hasil analisa dan perhitungan gelombang kejut, dapat diperoleh hasil bahwa pada Model *Greenshield*, akan terjadi gelombang kejut pada lima periode waktu yaitu pada jam 08.05 – 08.15 ( $\omega = -2,49$  km/jam), 08.45-08.50 ( $\omega = -1,42$  km/jam), 10.35 – 11.00 ( $\omega = -1,32$  km/jam), 15.20 – 15.30 ( $\omega = -2,65$  km/jam), 16.20-16.25 ( $\omega = -2,42$  km/jam) sedangkan pada Model *Underwood* akan terjadi gelombang kejut pada tiga periode waktu yaitu pada jam 08.05-08.10 ( $\omega = -0,0189$  km/jam), 15.25 – 15.30 ( $\omega = 0,0635$  km/jam), 16.20-16.25 ( $\omega = 0,05$  km/jam). Lama terjadi antrian pada Model *Greenshield* masing-masing terjadi selama 13 menit 28 detik, 5 menit 1 detik, 26 menit 26 detik, 10 menit 29 detik, 10 menit 3 detik, Sedangkan pada Model *Underwood* lama antrian masing-masing terjadi selama 5 menit 9 detik, 5 menit 6 detik, 5 menit 10 detik. Sehingga dengan diperolehnya hasil perhitungan tersebut, dapat memprediksi panjang antrian yang mendekati keadaan sebenarnya dalam mengatasi kemacetan yang terjadi akibat pengaruh penyempitan jalan.
  6. Dua model pada kondisi jalan menyempit yang di gunakan untuk menganalisa gelombang kejut yaitu model *Greenshield* dengan nilai F, t,  $R^2$  masing-masing yaitu : 86, 2201; 32,2289 ; 0,5519 dan model *Underwood* dengan nilai F,t  $R^2$  masing-masing yaitu 87,6875; 92,1021; 0,5504.
  7. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, perhitungan dan analisis pada Model *Underwood* diperoleh panjang antrian maksimum 63,5 m sedangkan pada model *Greenshield* diperoleh panjang antrian maksimum: 2644,7 m, sementara berdasarkan hasil pengamatan dilapangan diperoleh panjang antrian maksimum : 55 m. Sehingga model yang lebih sesuai dengan kondisi lapangan yang sebenarnya yaitu model *Underwood*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Budiarto Arief, (1998), *Pengaruh "Bottleneck" Terhadap Karakteristik Lalu-lintas*, Tesis Magister, Rekayasa Transportasi, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Direktoral Jendral Bina Marga, Direktorat Pembinaan Jalan Kota, (1990), *Panduan Survey dan Perhitungan Waktu Perjalanan Lalu-lintas* No.001/T/BNKT/1990.
- Direktoral Jendral Bina Marga, Direktorat Pembinaan Jalan Kota, (1990), *Tata Cara*



- Pelaksanaan Survey dan Perhitungan Lalulintas Cara manual.* No. 016/T/BNKT/1990.
- Directorate General of Highways Ministry of Public Works, (1997), *Indonesian Highway Capacity Manual*, Urban Roads, Indonesia.
- May, A.D, (1990), *Traffic Flow Fundamentals*, Prentice – Hall International Inc, New Jersey, USA.
- Papacostas, C.S and Prevedouros, P.D, (1993), *Transportation Engineering and Planning*, Prentice Hall, Inc, New Jersey, USA.
- Syamsuwito, (1994), *Studi Hubungan Kecepatan, Volume dan Kerapatan Pada Ruas Jalan Soekarno Hatta Dikota Bandung, Tesis Magister*, Rekayasa Transportasi, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Sudjana, (1996), *Metoda Statistika*, Penerbit Tarsito, Bandung.
- Sumarsono,A, (1997), *Studi Hubungan Kecepatan, Volume dan Kerapatan Lalulintas Dengan Menggunakan Tiga Pendekatan, Tesis Magister*, Rekayasa Transportasi, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Syamsinarsi Rani, (1997), *Hubungan Antara Kecepatan, Aliran dan Kepadatan Lalulintas, Tesis Magister*, Teknik Transportasi, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Suteja Wayan I, (1998), *Studi Hubungan Kecepatan, Volume dan Kerapatan Lalulintas dengan Pendekatan Empat Model, Tesis Magister*, Rekayasa Transportasi, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Tamin O.Z.(1991), *Hubungan Volume, Kecepatan Dan Kepadatan Lalulintas, Jurnal Teknik Sipil*, , Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- William W.Hines and Douglas C.Montgomery, (1990), *Probabilitas dan Statistitik dalam Ilmu Rekayasa dan Manajemen*, Penerbit UI-Press, Jakarta.
- Widana Negara,I.N, Msc,(1991), *Speed-Volume Relationships On Congested Roads In Bandung, Thesis*, Program Sistem Dan Teknik Jalan Raya, Pasca Sarjana, Institut Teknologi Bandung, Bandung, ( Unpublished ).