

# **KEBIJAKAN SISTEM TRANSPORTASI BARANG MULTIMODA DI PROVINSI NANGGROE ACEH DARUSSALAM**

**Sofyan M. Saleh**

Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala  
Jln. Syeh Abdurrauf No. 7 Darussalam  
Banda Aceh, 23111  
Telp/Fax +62-651-755 20 18  
sofyan\_saleh@yahoo.com

**Ade Sjafruddin.**

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan  
Institut Teknologi Bandung  
Jl. Ganesha 10 Bandung 40132  
Tel/Fax +62-22-250 23 50  
ades@trans.si.itb.ac.id

**Ofyar Z. Tamin**

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan  
Institut Teknologi Bandung  
Jl. Ganesha 10 Bandung 40132  
Tel/Fax +62-22-250 23 50  
ofyar@trans.si.itb.ac.id

**Russ Bona Frazila**

Program Studi Teknik Sipil FTSL  
Institut Teknologi Bandung  
Jl. Ganesha 10 Bandung – 40132  
Tel/Fax +62-22-250 23 50  
frazila@trans.si.itb.ac.id

## **Abstract**

More than 95% of freight movement in the Province of Aceh is done by the road mode. As most of the land in the province is surrounded by sea, the freight movement could have been done by sea transportation. Railway was already in the Province of Aceh long time ago, it began to operate in 1906, but the operation was closed in 1982. The Central Government and the Aceh Provincial Government want to revitalize the railway and there is also a plan to build a new Jalan Raya from Banda Aceh to North Sumatra border. However, there is a constraint in the costs of building these infrastructures so that multimodal and intermodal transportation can not take place. As a result, road transportation remains to be a major transport choice and this condition is even worse with vehicles on the road also tend to carry overload. This study was conducted in connection with the overload effect of the freight transport using trucks and how these trucks cause road deterioration and increase road maintenance costs in the Province of Aceh. The results suggest that multimodal/intermodal freight transportation, specifically road and railroad combined transport, could provide more efficient freight transport and, most likely, is the best option for the province.

**Keywords:** freight transportation, multimodal/intermodal transportation, overload

## **Abstrak**

Lebih dari 95% pergerakan barang di Provinsi Nanggroe Aceh Darussalam (NAD) menggunakan moda transportasi jalan. Padahal, hampir seluruh daratan provinsi ini dikelilingi oleh laut, sehingga seharusnya pergerakan barang tersebut dapat menggunakan moda transportasi laut. Angkutan kereta api juga sudah sejak lama ada di Provinsi NAD, yang mulai beroperasi pada tahun 1906, tetapi layanan kereta api ini dihentikan pada tahun 1982. Pemerintah Pusat bersama Pemerintah Provinsi NAD menginginkan kereta api ini direvitalisasi, dan juga telah ada suatu rencana untuk membangun jalan raya baru dari Banda Aceh ke batas Provinsi Sumatra Utara. Tetapi terdapat kendala pendanaan untuk membangun infrastruktur transportasi ini yang menyebabkan transportasi multimoda/intermoda belum terbentuk. Akibatnya adalah bahwa transportasi jalan tetap merupakan pilihan utama dan hal ini diperparah dengan kendaraan-kendaraan di jalan yang mengangkut muatan berlebih. Penelitian ini dilakukan sehubungan dengan pengaruh muatan berlebih angkutan barang yang menggunakan truk dan bagaimana truk-truk ini menyebabkan kerusakan jalan dan meningkatkan biaya pemeliharaan jalan di Provinsi NAD. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa transportasi multimoda/intermoda, khususnya kombinasi antara moda jalan dan moda kereta api, dapat

memberikan transportasi barang yang lebih efisien dan, sangat mungkin, merupakan pilihan yang terbaik bagi provinsi ini.

**Kata-kata kunci:** angkutan barang, transportasi multimoda/intermoda, muatan berlebih

## PENDAHULUAN

Berdasarkan data survei asal tujuan transportasi nasional, secara nasional hampir 90% pergerakan barang dilakukan dengan moda darat (jalan), 7% dengan moda laut, dan sisanya dengan moda lain (seperti kereta api, pesawat terbang, dan angkutan sungai dan penyeberangan). Kurangnya perhatian terhadap pergerakan barang dengan moda laut dan kereta api terutama disebabkan oleh kurangnya ketersediaan prasarana dan sarana serta lemahnya sistem dan regulasi, sehingga pergerakan barang melalui jalan masih merupakan pilihan yang dianggap lebih efisien. Pilihan ini tentu berpengaruh terhadap beban lalu lintas di jalan raya dan mempercepat tingkat kerusakan jalan, apalagi bila masih adanya toleransi muatan truk yang melebihi tonase yang diizinkan.

Pergerakan barang di provinsi Nanggroe Aceh Darussalam (NAD) juga masih didominasi oleh moda jalan (95%) dan cenderung dengan muatan berlebih, walaupun pemerintah provinsi NAD, melalui Dinas Perhubungan, telah mengeluarkan toleransi batasan kelebihan muatan hanya 30% pada tahun 2008. Jembatan timbang yang seharusnya merupakan tempat untuk mengukur kendaraan bermuatan lebih sejak otonomi daerah banyak dimanfaatkan untuk menaikkan pendapatan asli daerah. Organda pusat pernah melaporkan bahwa pungutan liar terhadap angkutan jalan raya, terutama truk-truk yang mengangkut barang, mencapai 18 triliun rupiah per tahun. Sementara pungutan resmi pergerakan barang melalui moda jalan mencapai 50 triliun rupiah pertahun. Jika dibandingkan dengan rencana biaya pemeliharaan jalan, yang hanya 12,04 triliun untuk tahun 2009, hal tersebut berarti bahwa biaya pemeliharaan hanya 67 persen dari nilai pungli yang dilakukan dan hanya 24 persen saja dari nilai pungutan resmi.

Hasil survei yang dilakukan Bank Dunia dan BRR (2006) terhadap perjalanan truk dan pungutan liar di Aceh pada angkutan barang dengan trayek antara Medan–Banda Aceh dan sebaliknya menunjukkan bahwa terjadi pungutan tidak resmi (pungli) antara Rp. 242.500 hingga Rp. 500.000 untuk sekali jalan. Jika diambil rata-rata setiap truk harus membayar 350.000 rupiah sekali jalan dengan jarak kurang lebih 600 kilometer dan setiap truk diasumsikan rata-rata mengangkut 18 ton barang, biaya tak terduga menjadi sebesar Rp. 32,41 per ton-kilometer, sementara kelebihan beban seharusnya dikenakan denda sebesar Rp. 41,9 per ton-kilometer (Sofyan et al., 2007).

Dalam masalah kerusakan jalan ini sering terjadi saling klaim antara Kementerian Perhubungan dan Kementerian Pekerjaan Umum. Kementerian Perhubungan menilai kerusakan jalan yang terjadi bukan hanya akibat kelebihan beban dan bencana alam, namun lebih banyak disebabkan oleh konstruksi jalan yang tidak memenuhi standar. Sementara Kementerian Pekerjaan Umum menuding bahwa kerusakan jalan terjadi semakin cepat karena jalan dibebani melebihi kapasitasnya.

Oleh karena itu suatu sistem transportasi barang multimoda/intermoda untuk mengantisipasi kerusakan jalan akibat beban berlebih perlu dilakukan dengan optimasi perencanaan jaringan transportasi multimoda. Tujuan studi ini adalah mengembangkan model optimasi perencanaan jaringan transportasi multimoda berdasarkan total biaya transportasi dan biaya penanganan prasarana melalui kombinasi penanganan jaringan

sebagai masukan kepada pengambil kebijakan sistem transportasi barang multimoda untuk mengurangi kerusakan jalan akibat beban berlebih.

Berbeda dengan moda lain, moda jalan dengan truk selama ini telah menyebabkan banyak hal, yang meliputi menambah beban dan mengganggu kelancaran arus lalu lintas, volume barang yang diangkut cenderung melebihi beban yang diijinkan, dan mempercepat kerusakan konstruksi jalan dan menyebabkan rendahnya kinerja jaringan jalan. Untuk menjaga agar konstruksi jalan sesuai dengan umur rencana (masa layan), dan dengan biaya pemeliharaan yang sesuai rencana, diperlukan suatu kebijakan untuk memperkecil pelanggaran beban berlebih dengan mengalihkan pengangkutan barang kepada moda laut dan moda kereta api.

Pemerintah pusat melalui Kementerian Perhubungan dan Pemerintah Provinsi NAD telah merencanakan untuk membangun kembali (merevitalisasi) jalan kereta api dari Besitang (batas Sumatera Utara) sampai ke Banda Aceh pada lintasan eksisting sepanjang 486 km. Sebagian rencana ini telah terealisasi, yaitu antara Bireuen–Lhokseumawe. Demikian juga dengan rencana Pemerintah Provinsi NAD untuk membangun jalan baru setara dengan jalan kelas I pada Lintas Timur (Jalan Raya Lintas Timur) NAD sepanjang 391,5 km yang sudah selesai tahap desain awal. Selain itu telah dilakukan peningkatan beberapa pelabuhan laut dan pelabuhan udara, sehingga sudah selayaknya bila dilakukan kajian sistem transportasi barang multimoda/intermoda di Provinsi NAD.

Pembangunan kembali jalan kereta api dan rencana jalan baru terkendala masalah keterbatasan anggaran. Untuk itu diperlukan suatu kajian dengan melakukan optimasi perencanaan jaringan transportasi multimoda untuk menentukan prioritas penanganan jaringan tersebut.

Transportasi barang multimoda diharapkan dapat mengurangi beban di jalan, sehingga dapat mengurangi kerusakan jalan, terutama akibat beban berlebih. Secara umum kerusakan konstruksi jalan dapat dikelompokkan menjadi dua macam, yaitu kerusakan akibat “kegagalan konstruksi” yang disebabkan mutu pelaksanaan yang tidak sesuai, dan kerusakan akibat “pemanfaatan” yang tidak sesuai ketentuan (misalnya *overload*) ataupun penyimpangan iklim/cuaca (Ali, 2004). Pada tulisan ini, hanya dibatasi akibat pemanfaatan yang tidak sesuai, sementara untuk kegagalan konstruksi dan penyimpangan iklim dan cuaca serta faktor regional lainnya dianggap telah diperhitungkan saat perencanaan konstruksi.

Daya rusak kendaraan (*Vehicle Damage Factor, VDF*) adalah angka yang memperlihatkan jumlah lintasan sumbu tunggal roda ganda seberat 18 kips atau 8,16 ton yang menyebabkan kerusakan yang sama atau penurunan indeks permukaan yang sama apabila kendaraan tersebut lewat satu kali. Setiap jenis kendaraan memiliki konfigurasi yang berbeda, sehingga setiap kendaraan akan memiliki daya rusak yang berbeda pula yang merupakan jumlah angka ekuivalen beban sumbu depan, sumbu tengah, dan sumbu belakang. Oleh karena itu Bina Marga telah menetapkan suatu formula untuk Daya Rusak Kendaraan (VDF) sebagai berikut:

$$VDF = DF_{sb\_depan} + DF_{sb\_tengah} + DF_{sb\_belakang} \quad (1)$$

Pengaruh beban berlebih terhadap ekuivalen sumbu standar sangat mempengaruhi daya tahan perkerasan jalan yang diketahui melalui jumlah kumulatif ekuivalen sumbu standar

atau lebih sering disebut dengan CESAL (*Cummulative Equivalent Standard Axle Load*). Besarnya CESAL ini dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$CESAL = \sum_{Traktor, Trailer}^{Mopen} m \times 365 \times AE \times C \times N \quad (2)$$

dengan:

CESAL = *Cummulative Equivalent Standard Axle Load*

m = Jumlah masing-masing lalulintas menurut jenis kendaraan

365 = Jumlah hari dalam setahun

AE = Angka Ekvivalen beban sumbu

C = Koefisien distribusi kendaraan

N = Faktor hubungan UR yang sudah disesuaikan dengan perkembangan lalulintas

Untuk menghitung laju pertambahan kekasaran permukaan jalan atau prediksi IRI dapat digunakan persamaan yang diambil dari Paterson (1987), yaitu:

$$RI_t = (RI_0 + 725 (1+SNC)^{-5} \cdot NE_t) e^{0.0153t} \quad (3)$$

dengan:

$RI_t$  = Kekasaran pada waktu t, IRI Prediksi (m/km)

$RI_0$  = Kekasaran awal, IRI (m/km)

$NE_t$  = Nilai ESAL pada saat t (per 1 juta ESAL)

SNC = Nilai kekuatan perkerasan (*Structure Number Capacity*) yang bergantung pada jenis perkerasan

Jika disumsikan pada awal tahun pembukaan jalan nasional jenis perkerasan lentur dengan lebar jalan 7 meter, nilai IRI awal diasumsikan adalah 2,0, dan setelah dilakukan *overlay* nilai IRI prediksi diasumsikan dikurangi 2,0, dan setelah Peningkatan IRI awal menjadi 2,0 kembali. Asumsi lain adalah:

- peleliharaan rutin dilakukan bila  $0 < IRI < 4,5$  rutin dan pemeliharaan berkala dilakukan bila  $4,5 < IRI < 8$  (IRMS, 2001)
- biaya pemeliharaan dan peningkatan disesuaikan dengan Standar Biaya Khusus (SBK) untuk NAD terlampir
- tingkat pertumbuhan lalulintas angkutan barang adalah 6% pertahun

Paterson (1987) melaporkan bahwa hubungan antara IRI dan PSI untuk kondisi dengan data atau prediksi nilai *cracking*, *patching*, dan *rutting* tidak tersedia, adalah sebagai berikut:

$$PSI = 5 e^{-0.18(IRI)} \quad (4)$$

Setelah IRI diketahui dapat ditentukan jenis pemeliharaan jalan. Selanjutnya biaya total pemeliharaan jalan dapat dihitung dengan cara biaya pemeliharaan per kilometer dikalikan dengan panjang jalan masing-masing segmen sesuai dengan SBK.

Selain masalah biaya penanganan prasarana jalan, masih ada fungsi biaya pada ruas berkaitan dengan tarif transportasi dan berkurangnya nilai barang akibat waktu perjalanan. Secara umum rumusan fungsi biaya pada ruas adalah sebagai berikut (Tavasszy, 1996):

$$c_{l,g} = \alpha_g \cdot T_l + d_l \cdot \rho_l + c_l^a \quad (5)$$

dengan:

- $c_{l,g}$  = *Generalised cost* pada *link* l untuk produk g.
- $\alpha_g$  = Nilai waktu produk.
- $T_l$  = Waktu yang diperlukan produk untuk menempuh *link* l
- $d_l$  = Panjang ruas.
- $\rho_l$  = Biaya operasi kendaraan (tarif).
- $c_l^a$  = Biaya lain-lain

Fungsi biaya pada transfer berkaitan dengan tarif bongkar muat dan berkurangnya nilai barang akibat waktu yang diperlukan dalam proses bongkar muat pada pergerakan multimoda/intermoda. Rumusan fungsi biaya pada transfer adalah sebagai berikut:

$$c_{t,g} = \alpha_g \cdot T_t + c_t + c_t^a \quad (6)$$

dengan:

- $c_{t,g}$  = *Generalised cost* pada *transfer* t untuk produk g.
- $\alpha_g$  = Nilai waktu produk g.
- $T_t$  = Waktu transit produk pada *transfer* t.
- $c_t$  = Biaya bongkar/muat pada *transfer* t.
- $c_t^a$  = Biaya lain-lain

Untuk keperluan rencana pengembangan jaringan transportasi multimoda dengan keterbatasan dana, diperlukan suatu metode yang tepat agar fungsi tujuan untuk meminimalisasi biaya pemeliharaan jalan dan total biaya transportasi rencana tersebut dapat tercapai dengan optimal. Hal ini akan sangat bermanfaat bagi pengambil kebijakan dalam menentukan prioritas penanganan jaringan transportasi di masa yang akan datang, baik pembangunan jaringan baru ataupun revitalisasi jaringan yang telah ada.

Masalah perencanaan jaringan berkaitan dengan penentuan konfigurasi jaringan untuk memenuhi suatu fungsi tujuan tertentu. Perencanaan jaringan ini dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu dengan menganggap jaringan sebagai entitas menerus, yang dikenal dengan *continuous network design problem* (CNDP), dan dengan menganggap jaringan sebagai entitas tidak menerus, yang dikenal sebagai *discrete network design problem* (DNDP).

Banyak metode yang telah dikembangkan untuk memecahkan permasalahan desain jaringan dengan pendekatan CNDP dan DNDP. Frazila (2005) menggunakan proses iterasi dengan bi-level programming, yaitu proses desain pada level kedua (*upper level problem*) dan pembebanan (*assignment*) pada level pertama (*lower level problem*) untuk desain kontrol lalu lintas.

Model optimasi yang dikembangkan dalam studi ini menggunakan pendekatan DNDP, dengan desain jaringan dilihat sebagai suatu proses untuk menemukan kombinasi

penanganan yang memenuhi batasan tertentu dan memiliki nilai fungsi objektif paling optimum. Formulasi fungsi objektif model optimasi ini adalah:

$$\min_{y \in Y} F(x, y) = \sum_{a \in A} \{C_a(x_a^*, y) + G_a(x_a^*, y)\} \quad (7)$$

$$\text{subject to } \sum_{w \in W} C_{p^*}(T_w, y) \leq B$$

Variabel  $y$  merepresentasikan kombinasi ruas, sehingga fungsi objektif tersebut berarti mencari kombinasi ruas yang memberikan nilai  $F$  minimum. Nilai  $F$  diperoleh dari fungsi biaya perjalanan ( $C_a(\cdot)$ ) dan biaya prasarana ( $G_a(\cdot)$ ). Kedua fungsi tersebut dipengaruhi oleh variabel arus di ruas ( $x_a^*$ ) dan kombinasi ruas ( $y$ ). Di lain sisi, kombinasi ruas tersebut harus memenuhi syarat bahwa biaya di rute termurah ( $C_{p^*}$ ) untuk setiap pasangan centroid  $w$  harus lebih kecil dari pada suatu nilai ( $B$ ), atau dengan kata lain setiap pasangan centroid harus terhubung (konektivitas antar pasangan centroid harus eksis).

Arus ( $x_a^*$ ) merupakan solusi dari pembebanan equilibrium matriks asal tujuan pada jaringan yang memenuhi persamaan:

$$\begin{aligned} \min_x z &= \sum_{a \in A} \int_0^{x_a} C_a(w, y) dw \\ \text{subject to } \sum_{p \in P} h_p^w &= T_w \quad \forall w \in W \\ x_a &= \sum_{w \in W} \sum_{p \in P} h_p^w \delta_{ap}^w \quad \forall a \in A \end{aligned} \quad (8)$$

Untuk kasus dengan jumlah ruas yang kecil, metode yang mencoba seluruh kombinasi akan lebih baik, karena hasilnya lebih pasti dengan usaha yang tidak terlalu berat (tidak perlu membangun prosedur perhitungan yang rumit). Namun bila melibatkan banyak ruas, harus digunakan metode yang lebih efektif, mengingat jumlah kombinasi yang terjadi adalah  $2^n - 1$  (Frazila et al., 2008). Sementara jika hanya terdapat 10 segmen yang ditinjau, maka jumlah kombinasinya adalah hanya 1.023, sehingga kombinasi penuh dapat dilakukan.

## METODOLOGI

Fokus utama penelitian ini adalah mendapatkan kinerja masing-masing segmen jalan pada kondisi transportasi barang saat ini (kondisi eksisting), sehingga didapat besarnya biaya penanganannya setiap segmen jalan. Gabungan beberapa segmen jalan menjadi satu kesatuan lintas disebut koridor. Dalam satu koridor bisa saja dilayani oleh lebih dari satu moda, sehingga akan terjadi transportasi multimoda dalam satu perjalanan asal tujuan. Untuk itu biaya penanganan prasarana dan total biaya transportasi masing-masing moda dapat dihitung pada setiap koridor.

Pada wilayah studi terdapat 3 koridor, yaitu koridor lintas Timur, koridor lintas Tengah, dan koridor lintas Barat. Dalam analisis kinerja jaringan transportasi multimoda, untuk langkah awal diasumsikan bahwa moda kereta api dan moda laut telah dapat beroperasi sesuai kebutuhan untuk angkutan barang dan penumpang antar kota. Ada 6

skenario dilakukan untuk mengetahui pengaruh beban berlebih terhadap kerusakan jalan dan total biaya transportasi. Pada Tabel 1 ditampilkan keenam skenario penelitian pada lintas Timur NAD.

**Tabel 1** Skenario Penelitian yang Dilakukan pada Lintas Timur NAD

| No | Skenario                       | Notasi | Uraian  |
|----|--------------------------------|--------|---|
| 1. | Do Nothing<br>(Moda Jalan)     | DN     | Pergerakan barang dengan beban truk sesuai hasil survei di jembatan timbang Semadam (Perbatasan NAD-SUMUT). |
| 2. | Do Something-1<br>(moda jalan) | DS-1   | Skenario dimana setiap jenis truk barang dibebani rata-rata 50% melebihi Jumlah beban yang diijinkan (JBI)  |
| 3. | Do Something-2<br>(moda jalan) | DS-2   | Skenario dimana beban maksimum setiap truk sesuai dengan jumlah beban yang diijinkan (JBI)                  |
| 4. | Do Something-3<br>(Multimoda)  | DS-3   | Dua moda (moda Jalan dan Kereta Api) sekaligus dioperasikan, tetapi moda laut tidak dibebankan              |
| 5. | Do Something-4<br>(Multimoda)  | DS-4   | Dua moda (moda jalan dan moda laut) sekaligus dioperasikan, tetapi moda kereta api tidak dibebankan         |
| 6. | Do Something-5<br>(Multimoda)  | DS-5   | Ketiga moda (Jalan, KA, dan laut) sekaligus dioperasikan.   |

Total barang dan penumpang yang diangkut untuk semua skenario adalah sama, namun jumlah kendaraan yang berbeda sesuai dengan beban yang diangkut masing-masing kendaraan pada setiap skenario. Khusus untuk moda kereta api, diasumsikan bahwa stasiun untuk transit hanya ada di setiap pusat zona dan hanya ada di lintas Timur NAD. Sementara untuk pelabuhan laut di lintas Timur hanya di Malahayati (Banda Aceh), Krueng Geukueh (Lhokseumawe), Kuala Langsa di Langsa, serta Belawan di Medan.

Keenam skenario didasarkan pada prediksi MAT selama 20 tahun (rentang waktu analisis), dengan volume pergerakan barang dan penumpang yang mempengaruhi beban lalu lintas adalah sama. Dengan demikian pada skenario DN, jumlah kendaraan truk akan berbeda dengan skenario-skenario DS-1 dan DS-2, walaupun masih menggunakan satu moda (moda jalan). Khusus untuk moda jalan, jumlah truk dan yang berbeda akan berpengaruh terhadap besaran kumulatif ESAL dan IRI, sehingga mengakibatkan perubahan jenis pemeliharaan dan biaya penanganan, jalan bervariasi sepanjang waktu analisis.

Setelah dilakukan skenario multimoda (DS-3, DS-4, dan DS-5), perbedaan nilai kumulatif ESAL dan IRI akan semakin berbeda, karena diasumsikan 20% barang telah beralih ke moda kereta api (DS-3) dan 10% beralih ke moda laut (DS-4), terutama barang-barang berat. Hasil dari analisis ini diharapkan dapat memberikan masukan kepada pengambil kebijakan tentang angkutan barang di masa yang akan datang.

### Skenario pada Tingkat Jaringan

Dari hasil analisis terhadap keenam skenario yang telah diuraikan didapat satu skenario terbaik, yaitu dengan total biaya transportasi terendah selama rentang waktu analisis. Untuk mendapatkan biaya minimum dengan waktu pelayanan maksimum dilakukan optimasi pada seluruh jaringan di NAD. Model optimasi yang dikembangkan dalam studi ini menggunakan pendekatan DNDP dan desain jaringan dilihat sebagai suatu proses untuk menemukan kombinasi penanganan yang memenuhi batasan tertentu dan memiliki nilai fungsi tujuan paling optimum.

Urutan kerja model optimasi ini mengikuti bagan alir seperti pada Gambar 1. Proses perhitungannya dibagi menjadi dua tingkatan, dengan level pertama merupakan

proses pembentukan kombinasi ruas, penilaian konektivitas, serta pembebanan dan level kedua merupakan perhitungan fungsi tujuan serta penentuan kombinasi yang optimum.

Analisis dilakukan terhadap pergerakan barang dan orang dengan kondisi prasarana yang tersedia saat ini terutama yang berkaitan dengan prasarana transportasi darat dan laut, sementara moda udara diabaikan. Data input untuk keperluan optimasi, seperti kapasitas moda, kecepatan moda, tarif di lintas maupun di simpul. Analisis dilakukan untuk pergerakan barang unimoda, yaitu hanya dengan moda jalan, multimoda/intermoda dengan tidak membedakan jenis komoditi. Hal ini dilakukan mengingat sulitnya memperoleh data jenis komoditi.

Langkah awal dalam optimasi ini adalah mengetahui besarnya pergerakan barang dan orang berdasarkan data sosioekonomi wilayah kajian, pembentukan model, kalibrasi model dan validasi dengan data lapangan, serta dilanjutkan dengan estimasi kebutuhan transportasi di masa depan. Berdasarkan estimasi besarnya potensi pergerakan barang, jenis moda yang digunakan dan karakteristik jaringan yang tersedia (baik eksisting maupun rencana pengembangan) dengan beberapa kombinasi penanganan jaringan, dilakukan *multimodal assignment* untuk rentang waktu 20 tahun.

Dari hasil *multimodal assignment* diketahui besarnya arus untuk setiap moda, baik di lintas maupun di simpul (terminal). Berdasarkan besarnya arus pergerakan barang dan orang dapat dihitung biaya penanganan prasarana, biaya tarif, biaya waktu dan biaya transfer untuk pergerakan intermoda serta dihasilkan biaya total transportasi. Berdasarkan biaya penanganan dan biaya transportasi diperoleh biaya total tahunan selama 20 tahun.

Untuk merumuskan kebijakan sistem transportasi barang multimoda dipilih kombinasi penanganan terbaik dan biaya terendah. Hal tersebut dicapai melalui optimasi dengan sistem kombinasi penuh terhadap masing-masing segmen jaringan jalan eksisting ditambah dengan rencana Revitalisasi Jalan Kereta Api di Lintas Timur NAD dan rencana pengembangan jaringan jalan baru (Jalan Raya Lintas Timur NAD), serta mengaktifkan semua pelabuhan yang telah dibangun selama masa rehabilitasi dan rekonstruksi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

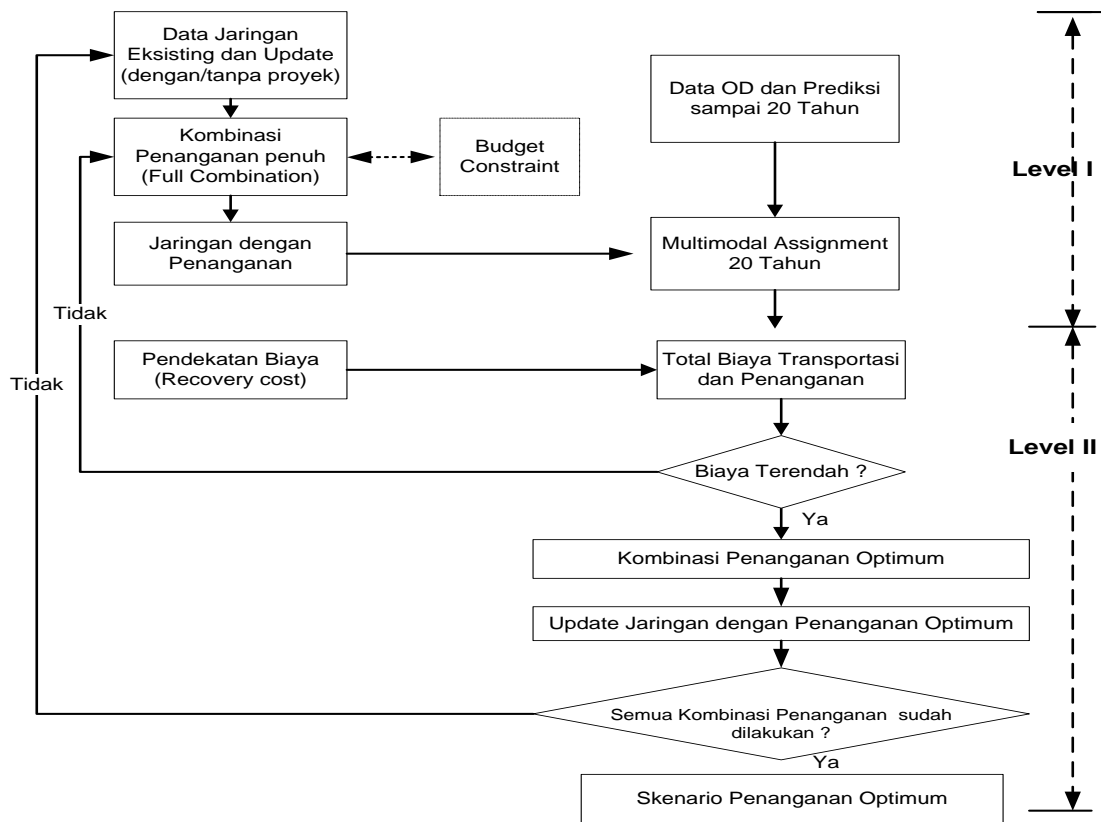
Setelah dilakukan pembebanan pada keenam skenario terhadap seluruh jaringan yang ada di provinsi NAD, didapat biaya pemeliharaan jalan bervariasi menurut koridor masing-masing terhadap kondisi eksisting (DN). Hasil analisis terhadap biaya pemeliharaan rata-rata per kilometer per tahun dapat dilihat pada Gambar 2.

Selain biaya pemeliharaan jalan rata-rata per kilometer per tahun dapat diketahui juga biaya total transportasi. Biaya tersebut mencakup biaya tarif penumpang dan barang, biaya waktu penumpang dan barang, serta biaya transfer untuk barang pada skenario multimoda (DS-3, DS-4, dan DS-5). Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 2.

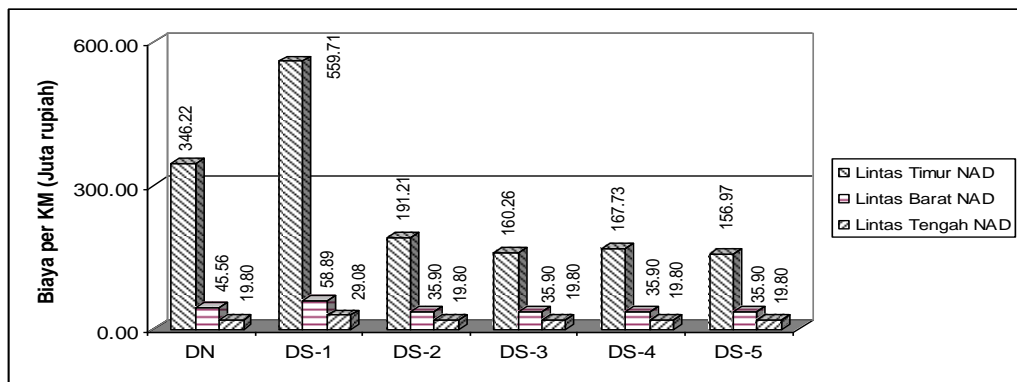
Pada Tabel 2 terlihat bahwa untuk jangka panjang, ketika kebutuhan akan transportasi semakin meningkat, sistem transportasi barang multimoda/intermoda lebih menguntungkan. Hal ini dapat dilihat baik dari biaya penanganan prasarana maupun dari biaya total transportasinya. Bila dibandingkan semua skenario terhadap skenario DN dengan nilai tahun 2007 selama 20 tahun tinjauan, skenario DS-5 merupakan yang terbaik karena dapat dihemat biaya total transportasi sebesar 9,4 trilliun rupiah (24%). Nilai



penghematan tersebut didapat dengan asumsi hanya mengalihkan 20% pergerakan barang ke moda kereta api dan 10% ke moda laut.



**Gambar 1** Langkah Kerja Optimasi Perencanaan Jaringan



**Gambar 2** Perbandingan Biaya Pemeliharaan Jalan

**Tabel 2** Perbandingan Total Biaya Transportasi Selama 20 Tahun pada Nilai Sekarang dengan *Discount Rate* 12%

| Skenario | Prediksi Biaya Selama 20 Tahun dengan Denda dan Biaya Lainnya (Milyar rupiah) dengan Nilai Tahun 2007 |                 |              |                 |              |          |           |
|----------|---|-----------------|--------------|-----------------|--------------|----------|-----------|
|          | Penanganan Prasarana  | Tarif Penumpang | Tarif Barang | Waktu Penumpang | Waktu Barang | Transfer | Total     |
| DN       | 990,51  | 1.299,28        | 34.985,03    | 423,27          | 1.787,86     | -        | 39.485,96 |
| DS-1     | 1.625,41  | 1.299,28        | 34.985,03    | 353,94          | 1.477,01     | -        | 39.740,68 |
| DS-2     | 531,87  | 1.299,28        | 29.849,34    | 549,39          | 2.302,93     | -        | 34.532,82 |
| DS-3     | 490,05  | 1.201,65        | 26.452,66    | 392,37          | 1.580,79     | 252,88   | 30.370,40 |
| DS-4     | 469,91  | 1.299,28        | 26.530,24    | 461,54          | 1.890,39     | 293,96   | 30.945,33 |
| DS-5     | 481,43  | 1.201,65        | 26.110,50    | 380,74          | 1.536,36     | 385,92   | 30.096,61 |

Melihat hasil analisis terhadap 6 skenario, dengan skenario DS-5 merupakan multimoda dan antaramoda yang terbaik, perlu dilakukan optimasi perencanaan jaringan transportasi di wilayah NAD dengan menggunakan program suatu komputer dengan data input bersumber dari Kajian Frazila (2005). Optimasi perencanaan jaringan dimulai tahun 2010, disesuaikan dengan arah kebijakan pengembangan sistem transportasi di NAD. Hasil optimasi menunjukkan bahwa 6 segmen revitalisasi jalan kereta api mendapat prioritas penanganan secara bertahap sampai tahun 2020, sedangkan 4 segmen pembangunan jalan raya baru mendapat prioritas lanjutan sampai tahun 2026. Hasil optimasi berupa urutan prioritas penanganan dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3** Urutan Prioritas Perencanaan Pengembangan Jaringan Transportasi Multimoda Hasil Optimasi di Provinsi NAD

| No. | Nama Segmen           | Panjang (km) | Biaya Konstruksi Rata-rata (Rp.Milyar/km) | Urutan Penanganan Hasil Optimasi | Keterangan              |
|-----|-----------------------|--------------|---|----------------------------------|-------------------------|
| 1.  | Bireuen - Lhokseumawe | 69,5         | 16,174                                    | I (2010)                         | Revitalisasi Jalan KA-3 |
| 2.  | Perlak – Langsa       | 65,0         | 16,174                                    | II (2012)                        | Revitalisasi Jalan KA-5 |
| 3.  | Lhokseumawe - Perlak  | 77,0         | 16,174                                    | III (2014)                       | Revitalisasi Jalan KA-4 |
| 4.  | Langsa – Batas Sumut  | 69,0         | 16,174                                    | IV (2016)                        | Revitalisasi Jalan KA-6 |
| 5.  | Sigli - Bireuen       | 101,5        | 16,174                                    | V (2018)                         | Revitalisasi Jalan KA-2 |
| 6.  | Banda Aceh – Sigli    | 93,8         | 16,174                                    | VI (2020)                        | Revitalisasi Jalan KA-1 |
| 7.  | Perlak – Batas Sumut  | 76,6         | 29,790                                    | VII (2022)                       | Jalan Raya Lintim HW-4  |
| 8.  | Banda Aceh – Sigli    | 96,4         | 31,080                                    | VIII (2024)                      | Jalan Raya Lintim HW-1  |
| 9.  | Sigli – Lhokseumawe   | 115,4        | 31,850                                    | IX (2025)                        | Jalan Raya Lintim HW-2  |
| 10. | Lhokseumawe - Perlak  | 103,0        | 29,050                                    | X (2026)                         | Jalan Raya Lintim HW-3  |

Hasil optimasi menunjukkan bahwa revitalisasi jalan kereta api mendapat prioritas dibandingkan dengan rencana jalan baru. Revitalisasi jalan kereta api, yang mempunyai akses ke pelabuhan Lhokseumawe dan Pelabuhan Langsa, juga mendapat urutan prioritas 1 dan 2. Hal ini terjadi karena sistem multimoda/intermoda telah terjadi, sehingga pergerakan barang dengan biaya terendah akan dipilih oleh pengguna. Oleh karena itu sudah selayaknya pengambil kebijakan menerapkan transportasi barang multimoda/intermoda terpadu, agar beban lalu lintas di jalan dapat dikurangi, dan hal ini sekaligus meminimumkan kerusakan jalan sehingga biaya pemeliharaan jalan dapat dialihkan ke pembangunan jaringan jalan baru.

## KESIMPULAN

Dari studi ini dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Biaya pemeliharaan jalan rata-rata per kilometer per tahun terendah untuk setiap koridor diperoleh untuk sistem transportasi barang multimoda, atau skenario DS-5, dan yang tertinggi adalah skenario DS-1 yang memperbolehkan muatan truk berlebih sebesar 50%.
2. Hasil optimasi menunjukkan bahwa revitalisasi jalan kereta api mendapat prioritas penanganan dibandingkan dengan rencana membangun jalan raya baru, walaupun dilakukan secara bertahap selama 10 tahun.
3. Kebijakan sistem transportasi barang dengan multimoda dan intermoda direkomendasikan untuk diterapkan terutama untuk barang-barang berat yang selama ini dibawa dengan moda jalan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M. A. 2004. *Teknologi Perkerasan Jalan Beton Semen*. Jakarta: Yayasan Pengembang Teknologi dan Manajemen.
- Badan Rekonstruksi dan Rehabilitasi dan The World Bank. 2006. *Perjalanan Truk dan Pungutan Liar di Aceh*. Banda Aceh.
- Frazila, R. B. 2005. *Optimizing the Design of Freight Transport Network in Indonesia*. Doctor Thesis unpublished. Hiroshima: Department of Social and Environmental Engineering, Graduate School of Engineering, Hiroshima University.
- Frazila, R. B., Tamin, O. Z., dan Saleh, S. M. 2008. *Kebijakan Sistem Transportasi Barang Multimoda Dalam Upaya Mengurangi Kerusakan Jalan akibat Beban Berlebih: Studi Kasus Wilayah Porong, Sidoarjo*. Program Insentif Riset Terapan, Tugas Akhir 2008, KK Transportasi. Tesis tidak diterbitkan. Bandung: Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung.
- Paterson, W. D. O. 1987. *Road Deterioration and Maintenance Effect, Models for Planning and Management*. Baltimore, MD: John Hopkins University Press.
- Saleh, S. M., Tamin, O. Z., Sjafruddin, A., Frazila, R. B. 2007. *Upaya Mengurangi Tingkat Kerusakan Jalan Melalui Sistem Transportasi Barang Multimoda*. Prosiding Forum Studi Transportasi Perguruan Tinggi ke X. Universitas Tarumanagara. Jakarta.
- Tamin, O. Z. 2003. *Transport Planning and Modeling; Theory and Application*. Bandung: Institut Teknologi Bandung Press.
- Tavasszy, L. A. 1996. *Modelling European Freight Transport Flows*. Ph.D Thesis unpublished. Delft: Faculty of Civil Engineering, Delft University of Technology.

