

MODEL INTEGRASI JARINGAN

Fungsi Tujuan → Maksimal Profit (Z)

Profit (Z) = Revenue – Biaya

Objective function:

Max Z_{Total} = $Z_{Tol\ Laut}$ + Z_{Pelni} + $Z_{Perintis}$

Max Z_{Total} = $n_{TL} \sum_{u \in U} \sum_{p \in P} Z_{TL} \cdot x_{TL}^{up} + n_{PL} \sum_{u \in U} \sum_{p \in P} Z_{PL} \cdot \rho_{PL}^{up} + n_{PR} \sum_{p \in P} \sum_{r \in R} Z_{PR} \cdot y_{PR}^{pr}$

Dimana:

$$Z_{TL} = \sum_{u \in U} \sum_{p \in P} w^{up} \cdot \Phi_{TL} \left(\sum_{p \in P} \alpha^{up} \right) - \left(\sum_{u \in U} \sum_{p \in P} \alpha^{up} \cdot B_{TL}^p \cdot C_{bmTL}^p + \sum_{u \in U} \sum_{p \in P} \alpha^{up} \{S^p \cdot C_{st}^p\} + T_k \sum_{u \in U} \sum_{p \in P} \alpha^{up} \left\{ t_{TL}^p + \frac{w^{up}}{V_{TL}} \right\} + T_k \sum_{u \in U} \sum_{p \in P} \frac{\alpha^{up}}{C_{bmTL}^p} \right)$$

$$Z_{PL} = \sum_{u \in U} \sum_{p \in P} w^{up} \cdot \varphi_{PL} \left(\sum_{p \in P} \beta^{up} \right) - \left(\sum_{u \in U} \sum_{p \in P} \beta^{up} \cdot B_{PL}^p \cdot C_{bmPL}^p + \sum_{u \in U} \sum_{p \in P} \beta^{up} \{S^p \cdot C_{st}^p\} + T_k \sum_{u \in U} \sum_{p \in P} \beta^{up} \left\{ t_{PL}^p + \frac{w^{up}}{V_{PL}} \right\} + T_k \sum_{u \in U} \sum_{p \in P} \frac{\beta^{up}}{C_{bmPL}^p} \right) - \left(\sum_{u \in U} \sum_{u' \in U'} \gamma^{uu'} \cdot B_{PL}^{u'} \cdot C_{bmPL}^u + \sum_{u \in U} \sum_{u' \in U'} \gamma^{uu'} \{S^{u'} \cdot C_{st}^{u'}\} + T_k \sum_{u \in U} \sum_{u' \in U'} \gamma^{uu'} \left\{ t_{PL}^{u'} + \frac{x^{uu'}}{V_{PL}} \right\} + T_k \sum_{u \in U} \sum_{u' \in U'} \frac{\gamma^{uu'}}{C_{bmPL}^u} \right)$$

$$Z_{PR} = \sum_{p \in P} \sum_{r \in R} z^{pr} \cdot \Psi_{PR} \left(\sum_{r \in R} \sigma^{pr} \right) - \left(\sum_{p \in P} \sum_{r \in R} \sigma^{pr} \cdot B_{PR}^r \cdot C_{bmPR}^r + \sum_{p \in P} \sum_{r \in R} \sigma^{pr} \{S^r \cdot C_{st}^r\} + T_g \sum_{p \in P} \sum_{r \in R} \sigma^{pr} \left\{ t_{PR}^r + \frac{z^{pr}}{V_{PR}} \right\} + T_g \sum_{p \in P} \sum_{r \in R} \frac{\sigma^{pr}}{C_{bmPR}^r} \right)$$

Initial:

Z_{TL} = maksimal profit kapal Tol Laut dalam 1 round voyage (Rp)
 Z_{PL} = maksimal profit kapal Pelni dalam 1 round voyage (Rp)
 Z_{PR} = maksimal profit kapal Perintis dalam 1 round voyage (Rp)
 n_{TL} = jumlah kapal Tol Laut yang beroperasi pada satu rute (unit)
 n_{PL} = jumlah kapal Pelni yang beroperasi pada satu rute (unit)
 n_{PR} = jumlah kapal Pelni yang beroperasi pada satu rute (unit)
 i, j = indeks simpul lokasi pelabuhan
 TL = kapal tol laut
 PL = kapal pelni
 PR = kapal perintis

Kumpulan:

U = kumpulan pelabuhan utama (u), $-u = \{1, 2, 3, \dots, n\}$
 U' = kumpulan pelabuhan utama ' (u'), $-u' = \{1, 2, 3, \dots, m\}$

P = kumpulan pelabuhan pengumpul, (p) , $-p = \{1,2,3,...p\}$
 R = kumpulan pelabuhan pengumpulan, (r) , $-r = \{1,2,3,...r\}$

Variabel Keputusan:

α^{up} = kuantitas barang yang berpindah dari pelabuhan utama $-u$ ke pelabuhan pengumpul $-p$ menggunakan kapal tol laut (*Teus*)
 β^{up} = kuantitas barang yang berpindah dari pelabuhan utama $-u$ ke pelabuhan pengumpul $-p$ menggunakan kapal pelni (*Teus*)
 $\gamma^{uu'}$ = kuantitas barang yang berpindah dari pelabuhan utama $-u$ ke pelabuhan utama $-u'$ menggunakan kapal pelni (*Teus*)
 σ^{pr} = kuantitas barang yang berpindah dari pelabuhan pengumpul $-p$ ke pelabuhan pengumpulan $-r$ menggunakan kapal perintis (*ton*)
 $x_{TL}^{up} = \begin{cases} 1, & \text{jika kapal Tol Laut berlayar dari pelabuhan } -u \text{ ke pelabuhan } -p, \text{ dengan syarat } \sum_{p \in P} \delta_{TL}^p = 1 \\ 0, & \text{jika sebaliknya, } \sum_{p \in P} \delta_{TL}^p = 0 \end{cases}$
 $\rho_{PL}^{up} = \begin{cases} 1, & \text{jika kapal Peln berlayar dari pelabuhan } -u \text{ ke pelabuhan } -p \\ 0, & \text{jika sebaliknya} \end{cases}$
 $\lambda_{PR}^{pr} = \begin{cases} 1, & \text{jika kapal Perintis berlayar dari pelabuhan } -p \text{ ke pelabuhan } -r, \text{ dengan syarat } \sum_{r \in R} \lambda_{PR}^r = 1 \\ 0, & \text{jika sebaliknya, } \sum_{r \in R} \lambda_{PR}^r = 0 \end{cases}$

Parameter input:

Φ_{TL} = biaya per satuan jarak untuk memindahkan barang dengan kapal tol laut (*Rp/mile/Teus*)
 Φ_{PL} = biaya per satuan jarak untuk memindahkan barang dengan kapal pelni (*Rp/mile/Teus*)
 Ψ_{PR} = biaya per satuan jarak untuk memindahkan barang dengan kapal perintis (*Rp/mile/ton*)
 w^{up} = Jarak dari pelabuhan $-u$ ke pelabuhan $-p$ (*mile*)
 z^{pr} = Jarak dari pelabuhan $-p$ ke pelabuhan $-r$ (*mile*)
 D_{TL}^p = Total permintaan barang di pelabuhan $-p$ dengan kapal Tol Laut (*Teus*)
 D_{PR}^r = Total permintaan barang di pelabuhan $-r$ dengan kapal Perintis (*Ton*)
 t_{TL}^p = waktu rata-rata kapal tol laut singgah di pelabuhan $-p$ (*jam*)
 t_{PL}^p = waktu rata-rata kapal pelni singgah di pelabuhan $-p$ (*jam*)
 t_{PR}^r = waktu rata-rata kapal perintis singgah di pelabuhan $-r$ (*jam*)
 B_{TL}^p = waktu bongkar muat kapal tol laut di pelabuhan $-p$ per satuan barang (*jam/Teus*)
 B_{PL}^p = waktu bongkar muat kapal pelni di pelabuhan $-p$ per satuan barang (*jam/Teus*)
 $B_{PL}^{u'}$ = waktu bongkar muat kapal pelni di pelabuhan $-u'$ per satuan barang (*jam/Teus*)
 B_{PR}^r = waktu bongkar muat kapal perintis di pelabuhan $-r$ per satuan barang (*jam/ton*)
 $S^{u'}$ = waktu *storage* barang di pelabuhan $-u'$ (*hari*)
 S^p = waktu *storage* barang di pelabuhan $-p$ (*hari*)
 S^r = waktu *storage* barang di pelabuhan $-r$ (*hari*)
 C_{mTL}^p = biaya satuan bongkar muat barang kapal tol laut di pelabuhan $-p$ (*Rp/Teus*)
 $C_{mPL}^{u'}$ = biaya satuan bongkar muat barang kapal pelni di pelabuhan $-u$ (*Rp/Teus*)
 C_{mPL}^p = biaya satuan bongkar muat barang kapal pelni di pelabuhan $-p$ (*Rp/Teus*)
 C_{mPR}^r = biaya satuan bongkar muat barang kapal perintis di pelabuhan $-r$ (*Rp/ton*)
 C_{st}^u = biaya satuan *storage* barang di pelabuhan $-u$ (*Rp/Teus*)
 $C_{st}^{u'}$ = biaya satuan *storage* barang di pelabuhan $-u'$ (*Rp/Teus*)
 C_{st}^p = biaya satuan *storage* barang di pelabuhan $-p$ (*Rp/Teus*)
 C_{st}^r = biaya satuan *storage* barang di pelabuhan $-r$ (*Rp/ton*)
 T_k = biaya inventory barang kontainer (*Rp/Teus/Hari*)
 T_g = biaya inventory barang general cargo (*Rp/Ton/Hari*)
 V_{TL} = rata-rata kecepatan kapal tol laut (*mile/jam*)

V_{PL} = rata-rata kecepatan kapal pelni (*mile/jam*)
 V_{PR} = rata-rata kecepatan kapal perintis (*mile/jam*)
 VC_{TL} = kapasitas kapal Tol Laut (*Teus*)
 VC_{PL} = kapasitas kapal Pelni (*Teus*)
 VC_{PR} = kapasitas kapal Perintis (*Ton*)
 t^{arr} = waktu kedatangan kapal di pelabuhan
 t^{dep} = waktu keberangkatan kapal di pelabuhan
 T_{TL} = horizon waktu selama 1 round voyage kapal Tol laut yaitu 15 hari
 T_{PL} = horizon waktu selama 1 round voyage kapal Pelni yaitu 15 hari
 T_{PR} = horizon waktu selama 1 round voyage kapal Perintis yaitu 10 hari
 \mathcal{X}^r = kedalaman kolam pelabuhan $-r$ (m)
 \mathcal{L}_{TL} = draft (sarat air) kapal Tol Laut (m)
 δ_{TL}^p = jumlah barang yang dimuat di pelabuhan $-p$ oleh kapal Tol Laut (*Teus*)
 λ_{PR}^r = jumlah barang yang dimuat di pelabuhan $-r$ oleh kapal Perintis (ton)
 $\xi_r = \begin{cases} 1, & \text{jika tinggi gelombang disekitar pelabuhan } -r < 2 \text{ meter} \\ 0, & \text{jika tinggi gelombang disekitar pelabuhan } -r \geq 2 \text{ meter} \end{cases}$

A. TOL LAUT

$$\text{Max Profit} = n_{TL} \sum_{u \in U} \sum_{p \in P} Z_{TL} \cdot x_{TL}^{up}$$

Subject to:

Basic Milk Run

1. Dalam 1 round voyage, setiap pelabuhan hanya disinggahi 1 kali oleh 1 kapal Tol Laut

$$\sum_{u \in U} \sum_{p \in P} x_{TL}^{up} = 1$$

2. Kapal mengunjungi pelabuhan tujuan untuk bongkar muat, kemudian meninggalkan pelabuhan tersebut untuk melanjutkan perjalanan ke pelabuhan lain hingga kembali ke pelabuhan asal (-u)

$$\sum_{i, j \in U \cup P} x_{TL}^{ij} - \sum_{i, j \in U \cup P} x_{TL}^{ji} = 0$$

3. Setiap kapal memulai dan mengakhiri perjalanan dari pelabuhan asal dan hanya melewati pelabuhan asal saat berangkat dan kembali

$$\sum_{u \in U} \sum_{p \in P} x_{TL}^{u0} = 1 \quad \text{dan} \quad \sum_{u \in U} \sum_{p \in P} x_{TL}^{0p} = 1$$

4. Jumlah permintaan di pelabuhan -p tidak melebihi kapasitas kapal Tol Laut

$$\sum_{p \in P} D_{TL}^p \sum_{u \in U} \sum_{p \in P} x_{TL}^{up} \leq VC_{TL}$$

Uncertainty

5. kapal Tol laut harus singgah di pelabuhan -p, jika ada barang yang akan dimuat (supply)

$$\sum_{p \in P} \delta_{TL}^p = \begin{cases} 1, & \text{kondisi kapal full muatan, dan ada demand di pelabuhan -p, maka jumlah} \\ & \text{barang yang dapat dimuat} = \alpha^{up} - D_{TL}^p \\ 1, & \text{kondisi kapal tidak full muatan, dan ada demand di pelabuhan -p, maka} \\ & \text{jumlah barang yang dapat dimuat} = VC_{TL} - (\alpha^{up} - D_{TL}^p) \\ 1, & \text{kondisi kapal tidak full muatan, dan tidak ada demand di pelabuhan -p,} \\ & \text{maka jumlah barang yang dapat dimuat} = VC_{TL} - \alpha^{up} \\ 0, & \text{kondisi kapal full muatan, dan tidak ada demand di pelabuhan -p} \end{cases}$$

6. ketika di pelabuhan -r ada supply dan demand, namun karena kendala gelombang (≥ 2 meter) menyebabkan kapal perintis tidak dapat singgah, maka Kapal Tol Laut dapat singgah di pelabuhan -r dengan syarat kedalaman kolam pelabuhan -r > draft kapal Tol Laut

$$\sum_{u \in U} \sum_{p \in P} x_{TL}^{up} \cdot \sum_{r \in R} \lambda_{TL}^r = \begin{cases} 1, & \text{jika kapal Tol Laut berlayar dari pelabuhan -p ke pelabuhan -r, syaratnya } \Delta^r > \ell_{TL} \\ 0, & \text{jika sebaliknya} \end{cases}$$

Time Windows

7. Total waktu yang dialokasikan untuk singgah di pelabuhan dan waktu pelayaran harus tidak lebih atau sama dengan waktu rencana 1 round voyage tol laut ($T_{TL} = 15$ hari)

$$\sum_{u \in U} \sum_{p \in P} (t_{TL}^p + \frac{V_{TL}}{W^{up}}) \cdot x_{TL}^{up} \leq T_{TL}$$

8. Waktu berangkat kapal tol laut dari pelabuhan -p harus sama dengan waktu kedatangan kapal di pelabuhan ditambah dengan waktu singgah di pelabuhan

$$t_{TL}^{dep} = t_{TL}^{arr} + t_{TL}^p$$

9. Waktu singgah kapal Tol Laut di pelabuhan -p maksimal 12 jam

$$0 \leq t_{TL}^p \leq 12$$

B. PELNI

$$Max Profit = n_{PL} \sum_{u \in U} \sum_{p \in P} Z_{PL} \cdot \rho_{PL}^{up}$$

Subject to:

Kapal Pelni tidak berbasis Milk Run dan tidak dipengaruhi oleh faktor uncertainty (muatan dan gelombang), karena tujuan utamanya adalah penumpang

10. Dalam 1 round voyage, setiap pelabuhan boleh disinggahi 2 kali oleh 1 kapal Pelni

$$\sum_{u \in U} \sum_{p \in P} \rho_{PL}^{up} \leq 2$$

11. Kapal mengunjungi pelabuhan tujuan untuk bongkar muat, kemudian meninggalkan pelabuhan tersebut untuk melanjutkan perjalanan ke pelabuhan lain hingga kembali ke pelabuhan asal (-u)

$$\sum_{i,j \in U \cup P} \rho_{PL}^{ij} - \sum_{i,j \in U \cup P} \rho_{PL}^{ji} = 0$$

12. Jumlah permintaan di pelabuhan -p tidak melebihi kapasitas kapal Pelni

$$\sum_{p \in P} D_{PL}^p \sum_{u \in U} \sum_{p \in P} \rho_{PL}^{up} \leq VC_{PL}$$

13. Setiap kapal memulai dan mengakhiri perjalanan dari pelabuhan asal dan hanya melewati pelabuhan asal saat berangkat dan kembali

$$\sum_{u \in U} \sum_{p \in P} \rho_{PL}^{u0} = 1 \quad \text{dan} \quad \sum_{u \in U} \sum_{p \in P} \rho_{PL}^{0p} = 1$$

Time Windows

14. Total waktu yang dialokasikan untuk singgah di pelabuhan dan waktu pelayaran harus tidak lebih atau sama dengan waktu rencana 1 round voyage kapal pelni ($T_{PL} = 15$ hari)

$$\sum_{u \in U} \sum_{p \in P} (t_{PL}^p + \frac{V_{PL}}{W^{up}}) \cdot \rho_{PL}^{up} \leq T_{PL}$$

15. Waktu berangkat kapal Pelni dari pelabuhan -p harus sama dengan waktu kedatangan kapal di pelabuhan ditambah dengan waktu singgah di pelabuhan

$$t_{PL}^{dep} = t_{PL}^{arr} + t_{PL}^p$$

16. Waktu singgah kapal Pelni di pelabuhan -p maksimal 6 jam

$$0 \leq t_{PL}^p \leq 6$$

C. PERINTIS

$$Max Profit = n_{PR} \sum_{p \in P} \sum_{r \in R} Z_{PR} \cdot y_{PR}^{pr}$$

Subject to:

Basic Milk Run

17. Dalam 1 round voyage, setiap pelabuhan $-r$ hanya disinggahi 1 kali oleh 1 kapal perintis

$$\sum_{p \in P} \sum_{r \in R} y_{PR}^{pr} = 1$$

18. Kapal mengunjungi pelabuhan tujuan untuk bongkar muat, kemudian meninggalkan pelabuhan tersebut untuk melanjutkan perjalanan ke pelabuhan lain hingga kembali ke pelabuhan asal (-p)

$$\sum_{i,j \in P \cup R} y_{PR}^{ij} - \sum_{i,j \in P \cup R} y_{PR}^{ji} = 0$$

19. Setiap kapal memulai dan mengakhiri perjalanan dari pelabuhan asal dan hanya melewati pelabuhan asal saat berangkat dan kembali

$$\sum_{p \in P} \sum_{r \in R} y_{PR}^{p0} = 1 \quad \text{dan} \quad \sum_{p \in P} \sum_{r \in R} y_{PR}^{0r} = 1$$

20. Jumlah permintaan di pelabuhan $-r$ tidak melebihi kapasitas kapal Perintis

$$\sum_{r \in R} D_{PR}^r \sum_{p \in P} \sum_{r \in R} y_{PR}^{pr} \leq VC_{PR}$$

Uncertainty

21. kapal perintis harus singgah di pelabuhan $-r$, jika ada barang yang akan dimuat (supply)

$$\sum_{r \in R} \lambda_{PR}^r = \begin{cases} 1, \text{ kondisi kapal full muatan, dan ada demand di pelabuhan } -r, \text{ maka jumlah} \\ \text{barang yang dapat dimuat} = \sigma^{pr} - D_{PR}^r \\ 1, \text{ kondisi kapal tidak full muatan, dan ada demand di pelabuhan } -r, \text{ maka} \\ \text{jumlah barang yang dapat dimuat} = VC_{PR} - (\sigma^{pr} - D_{PR}^r) \\ 1, \text{ kondisi kapal tidak full muatan, dan tidak ada demand di pelabuhan } -r, \\ \text{maka jumlah barang yang dapat dimuat} = VC_{PR} - \sigma^{pr} \\ 0, \text{ kondisi kapal full muatan, dan tidak ada demand di pelabuhan } -r \end{cases}$$

22. ketika ada kendala gelombang (≥ 2 meter) di pelabuhan $-r$ maka kapal perintis di rerute ke pelabuhan $-r$ selanjutnya

$$\sum_{r \in R} \lambda_{PR}^r + \sum_{r \in R} \lambda_{PR}^{r+1} = 1$$

23. Kapal perintis harus singgah di pelabuhan $-r$ minimal 1 kali dalam 1 sebulan (fungsi dari PSO)

$$\frac{f}{12} \sum_{p \in P} \sum_{r \in R} \lambda_{PR}^{pr} \geq 1$$

Time Windows

24. Total waktu yang dialokasikan untuk singgah di pelabuhan dan waktu pelayaran harus tidak lebih atau sama dengan waktu rencana 1 round voyage kapal perintis ($T_{PR} = 10$ hari)

$$\sum_{p \in P} \sum_{r \in R} (t_{PR}^r + \frac{V_{PR}}{z^{pr}}) \cdot y_{PR}^{pr} \leq T_{PR}$$

25. Waktu berangkat kapal perintis dari pelabuhan -r harus sama dengan waktu kedatangan kapal dari pelabuhan ditambah dengan waktu singgah di pelabuhan

$$t_{PR}^{dep} = t_{PR}^{arr} + t_{PR}^r$$

26. Waktu singgah kapal perintis di pelabuhan -r maksimal 12 jam

$$0 \leq t_{PR}^r \leq 12$$

27. Waktu kedatangan Kapal perintis di pelabuhan -p maksimal 48 jam setelah kapal tol laut tiba

$$t_{PR}^{arr(p)} \leq t_{TL}^{dep} + 48$$

28. Bilangan biner

$$x_{TL}^{up} \in \{0,1\}$$

$$\rho_{PL}^{up} \in \{0,1\}$$

$$y_{PR}^{pr} \in \{0,1\}$$

$$\delta_{TL}^p \in \{0,1\}$$

$$\lambda_{PR}^r \in \{0,1\}$$

$$\zeta_r \in \{0,1\}$$

USULAN JARINGAN



