

ANALISA PERBANDINGAN TATA LETAK PETI KEMAS MENGGUNAKAN METODE *PARALLEL LAYOUT* DAN *PERPENDICULAR LAYOUT* DI TERMINAL PETI KEMAS SEMARANG

Wiwiek Fatmawati, Nurwidiana, Arif Novianto
Jurusan Teknik Industri Uuniversitas Islam Sultan Agung
Jl. Raya Kaligawe KM 4 Semarang, 50012
E-mail: wiwiek@uissula.ac.id, nur_widiana@yahoo.com

ABSTRAK

Tata letak peti kemas merupakan suatu faktor yang berpengaruh di dalam fleksibilitas penanganan peti kemas (*container handling*) di *container yard*. Pengaturan tata letak peti kemas (*yard layout*) ini mempengaruhi efisiensi penggunaan *rubber tyre gantry* dan *head truck*, sehingga perlu ditetapkan tipe tata letak peti kemas dan banyaknya gang dalam tata letak. Desain yang terbentuk akan berpengaruh pada jarak perjalanan *head truck*. Ada banyak penelitian tentang *yard layout*, salah satunya adalah penelitian Kim, Park dan Jin (2007). Dalam penelitian tersebut memperkenalkan dua tipe *yard layout*, yaitu *parallel layout* (peti kemas disusun *parallel* dari dermaga pada tiap modul/bloknya) dan *perpendicular layout* (tipe tata letak peti kemas di mana blok dipersiapkan tegak lurus/vertikal pada gerbang ataupun pada dermaga). Terminal Peti Kemas Semarang (TPKS) saat ini menggunakan *parallel layout*. Untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi waktu pengangkutan diperlukan analisa kebijakan penataan ruang dalam pengelolaan wilayah pelabuhan. Dari hasil perbandingan tata letak peti kemas di Terminal Peti Kemas Semarang (TPKS), *perpendicular layout* dapat meminimasi jarak terjauh perjalanan *head truck* dari dermaga ke *yard*. Pada *layout* awal (*parallel layout*) jarak perjalanan terjauh yang harus ditempuh sepanjang 880 m, total jarak perjalanan sepanjang 4.492.065,6 m dengan biaya bahan bakar sebesar Rp 4.042.858,5,-. Dengan *perpendicular layout* mampu mengurangi jarak perjalanan terjauh menjadi 447,72 m (berkurang 449%), jarak total perjalanan sepanjang 2.514.671,6 m (berkurang 44%) dengan biaya bahan bakar sebesar Rp 2.263.203,-(berkurang 44%).

Kata Kunci : Parallel layout, Perpendicular layout, yard layout, Terminal Peti Kemas Semarang (TPKS)

1. Pendahuluan

Dalam upaya meningkatkan produktivitas, terdapat banyak hal yang harus diperhatikan salah satunya yaitu tata letak fasilitas. Dalam masalah tata letak fasilitas, perlu diperhatikan pemanfaatan ruangan, peralatan, tenaga kerja, dan fasilitas lainnya sehingga dapat menjamin kelancaran proses produksi. Untuk dapat mencapai hal tersebut maka perusahaan harus menggunakan tata letak yang baik, yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan fleksibilitas perusahaan.

Terminal Peti Kemas Semarang (TPKS) adalah perusahaan yang bergerak dalam bidang jasa yang melayani dan menyediakan fasilitas

penempatan peti kemas baik untuk ekspor dan impor. Untuk meningkatkan jasa pelayanan, serta meningkatkan efektifitas dan efisiensi waktu bagi kapal-kapal yang akan berlayar mengangkut peti kemas ke berbagai tujuan diperlukan penataan yang tepat agar dapat diperoleh suatu kebijakan untuk strategi penataan ruang dalam pengelolaan wilayah pelabuhan.

Proses muat di TPKS dimulai dengan pemindahan peti kemas dari *container yard* ke *head truck* menggunakan *rubber tyre gantry*, selanjutnya *head truck* membawa peti kemas ke dermaga, dari *head truck* peti kemas dipindahkan ke kapal menggunakan *container crane*. Tata letak peti kemas merupakan suatu faktor yang berpengaruh di dalam fleksibilitas penanganan

peti kemas (*container handling*) di *container yard*. Pengaturan tata letak peti kemas (*yard layout*) ini mempengaruhi efisiensi penggunaan *rubber tyre gantry* dan *head truck*. Sehingga perlu ditetapkan tipe tata letak peti kemas dan banyaknya gang dalam tata letak karena desain yang terbentuk akan berpengaruh pada jarak perjalanan truk.

Jenis *layout* yang diterapkan di TPKS saat ini termasuk *parallel layout*, peti kemas disusun *parallel* dari dermaga pada tiap modul/bloknya. Dengan tata letak yang ada total jarak tempuh *head truck* untuk mengambil peti kemas dari *container yard* sampai ke dermaga jaraknya relatif jauh karena *head truck* harus berjalan sesuai jalur truk (*transfer lane*) pada tiap-tiap modul yang tersusun *parallel* dari dermaga dan penataan peti kemas yang kurang memperhatikan jumlah gang untuk jalur *head truck*.

Dalam penelitian ini akan dilakukan analisa tataletak TPKS jika menerapkan *perpendicular layout* di mana blok dipersiapkan tegaklurus pada gerbang ataupun pada dermaga. Dari *perpendicular layout* yang tersusun akan dihitung performansinya yang meliputi jarak perjalanan terjauh, total jarak perjalanan dan biaya bahan bakar. Hasilnya akan dibandingkan dengan performansi *parallel layout* untuk mendapatkan hasil yang dapat direkomendasikan.

2. Landasan Teori

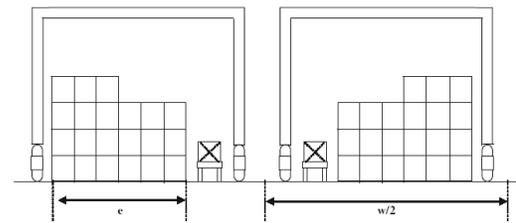
2.1. Layout Peti Kemas

Tata letak peti kemas adalah salah satu faktor yang berpengaruh di dalam produktivitas operasi peti kemas. Dalam merancang tata letak peti kemas harus ditentukan garis besar tipe tata letak galangan kapal dan banyaknya gang (kolom blok). Efek variabel desain pada jarak perjalanan truk yang diharapkan dan menganalisa jumlah penampungan yang diharapkan.

Kim, Park dan Jin (2007) mempertimbangkan dua jenis tata letak khas untuk peti kemas yaitu *parallel layout* dan *perpendicular layout*.

Pada *Parallel layout*, blok/modul dipersiapkan *parallel* dengan gerbang atau dermaga. Sedangkan pada *Perpendicular layout* blok/modul dipersiapkan tegaklurus pada gerbang. TCs adalah peralatan utama untuk menangani peti kemas. Gambar 1 menggambarkan gang dan *container crane*. Kebanyakan dari terminal peti kemas dengan

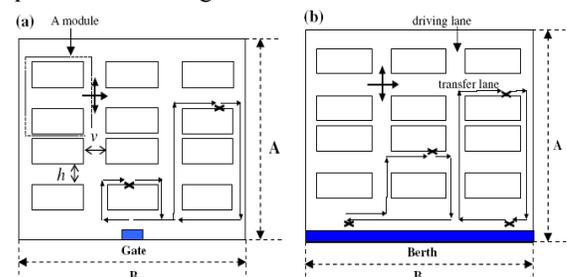
TCs di galangan kapal mempunyai sistem *parallel layout*.



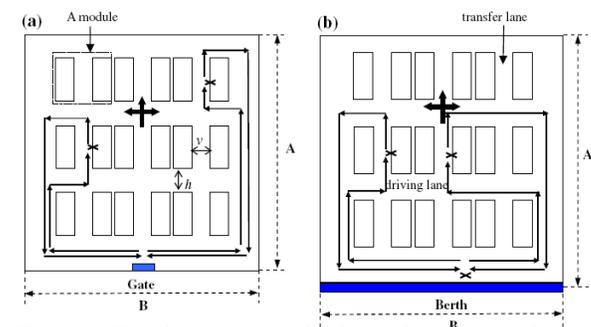
Gambar 1. Jalan perpindahan dan tempat-tempat peti kemas dengan TCs

Gang untuk truk di peti kemas digolongkan ke dalam dua jenis yaitu gang untuk perpindahan peti kemas dan gang untuk jalur truk. Saat truk memindahkan peti kemas melewati gang searah, truk hanya memindahkan satu peti kemas dalam suatu blok di sisi gang manapun.

Gambar 2 dan 3 menggambarkan rute perjalanan truk untuk tata letak *parallel* dan tata letak tegaklurus (*perpendicular*). Notasi "v" menggambarkan lebar jalur gang untuk truk pada tata letak *parallel*, sedangkan "h" menggambarkan lebar jalur gang untuk perpindahan pada tata letak tegak lurus. Notasi "h" menggambarkan lebar jalur gang untuk perpindahan pada tata letak *parallel*, sedangkan "v" menggambarkan lebar jalur gang untuk truk pada tata letak tegak lurus.



Gambar 2 Jalur pada tata letak *parallel*. **a.** Jalur antara gerbang dan galangan kapal pada tata letak *parallel*. **b** Jalur antara tempat keluaran dan galangan kapal pada tata letak *parallel*.



Gambar 3. Jalur pada tata letak tegaklurus. **a.** Jalur antara gerbang dan galangan kapal pada tata letak

tegaklurus. **b** Jalur antara tempat keluaran dan galangan kapal pada tata letak tegaklurus.

Notasi yang berikut digunakan untuk menguraikan prosedur untuk optimizing tataruang galangan kapal (Kim, Park dan Jin, 2007):

- t_t : Waktu Perjalanan truk per meter (s/m).
- t_r : Waktu penampungan suatu kontainer (s).
- c_t : Ongkos truk per detik.
- c_r : Ongkos TC per detik.
- a : Area mengalokasikan kontainer.
- e : Lebar blok (m)
- w : Lebar *module* (m)
- h : Lebar gang horisontal antara blok (m).
- v : Lebar gang vertikal.
- s : Ruang yang diperlukan untuk TEU, termasuk allowance antara kontainer (m²).
- c : Rata-rata jumlah kontainer ditumpuk di pekarangan (TEU).
- P : Tanah yang tersedia ruang untuk stacking kontainer (m²).
- G : Jumlah total tanah slot di yard (TEU).
- A : Panjang Vertikal yard (m) (Sebuah variabel keputusan)
- B : Panjang Horisontal di yard (m) (Sebuah variabel keputusan)
- N : Jumlah kolom dari blok di yard (variabel keputusan).
- M : Jumlah barisan dari blok di yard (variabel keputusan).
- T : Jumlah rata-rata tingkatan per stack, yaitu jumlah rata-rata kontainer berdiri di atas satu sama lain. Hal ini tetap ketika nilai-nilai M dan N ditentukan.
- $dg(M, N)$: perjalanan pulang-pergi truk yang diharapkan, jarak antara pintu gerbang dan posisi acak di yard untuk memberikan nilai-nilai M dan N.
- $dg(M, N)$: perjalanan pulang-pergi truk yang diharapkan, antara posisi acak berlabuh dan posisi acak di galangan kapal untuk memberikan nilai dari M dan N.

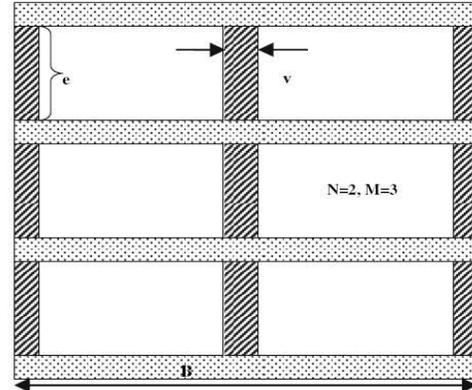
2.2. Relokasi Kontainer

Bagian ini memberikan rumusan untuk mengevaluasi kapasitas penyimpanan kontainer dan pekarangan untuk memperkirakan jumlah relokasi untuk kebutuhan penyimpanan dan tata letak kontainer dari pekarangan.

$$Pa = e \times M \times B - e \times M \times v \times (N + 1) \quad (1)$$

$$Pe = e \times N \times A - e \times N \times h \times (M + 1) \quad (2)$$

Yang pertama adalah total luas dalam susunan paralel kecuali area untuk semua gang horisontal yang diwakili sebagai daerah di gambar 4. Selain itu, jumlah tanah dan slot yang diharapkan jumlah tingkatan dari susunan dapat dihitung sebagai berikut:



Gambar 4. Partisi di pekarangan untuk menghitung Pa

$$G = \frac{Pa}{s} \text{ or } \frac{Pe}{s} \text{ (TEUs)}, \quad (3)$$

$$T = c / G \text{ (TEUs)}, \quad (4)$$

Dengan susunan ketinggian yang bertambah, maka stacking meningkatkan kapasitas proporsional. Namun, jumlah yang diperlukan untuk mengambil relokasi kontainer juga meningkat. Berikut ini membahas metode untuk memperkirakan jumlah relokasi untuk mengambil satu kontainer.

Perhitungan jarak antara dermaga dan yard (*layout parallel/AB*)

Jarak perjalanan yang diharapkan dalam arah vertikal untuk *AB* adalah sama seperti pada kasus *AG*. Jarak perjalanan yang diharapkan dalam arah horisontal dapat diturunkan sebagai berikut: Penyekat pelabuhan yang menjadi *N* segmen dimana *N* sesuai dengan nomor kolom. Dalam setiap segmen dari pelabuhan, ia diasumsikan bahwa semua pickup-pickup dan penyerahan terjadi di pusat segmen.

$$d_g(M, N) = \frac{(2N^2 + 3N + 1)}{3N^2} B + A \quad (5)$$

Perhitungan jarak antara dermaga dan yard (*perpendicular layout/EB*)

Yang diharapkan dari jarak perjalanan vertikal *EB* sama dengan *EG*. Yang diharapkan horisontal perjalanan jarak *EB* juga dapat diturunkan dalam cara yang mirip untuk *EG*.

$$E(X_N) = \frac{2B}{3N^2} (1 + 2N^2) \quad (6)$$

2.3. Pemandangan Bahan/*Material Handling*

Material handling merupakan kegiatan mengangkat, mengangkut dan meletakkan bahan-bahan/barang-barang dalam proses dipabrik (Assauri: 1980).

Dalam penentuan jarak ada beberapa ukuran yang digunakan untuk memperkirakan jarak dalam tata letak yaitu (Hadiguna dan setiawan: 2008):

- Euclidean*, yaitu mengukur secara garis lurus jarak antara pusat fasilitas-fasilitas.
- Euclidean* Kuadrat, yaitu dari *Euclidean* yang mencerminkan bobot terbesar jarak dua pasang titik yang saling berdekatan.
- Rectilinear* yang dikenal dengan Manhattan, sudut kanan atau matriks empat persegi.
- Tchebychev* merupakan ukuran jarak terbesar dua nilai.
- Jarak gang merupakan jarak aktual perpindahan bahan di sepanjang gang yang dilakukan alat pemindah bahan.
- Adjacency* adalah matriks berdasarkan kedekatan yang mempunyai kelemahan tidak ditukarkan dari fasilitas nonkedekatan. Lintasan terpendek, yaitu jarak antara dua *simpul* pada masalah lokasi jaringan kerja.

3. Metodologi Penelitian

Tahapan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut

- Tahap Persiapan
 - Latar belakang & Perumusan Masalah
 - Studi Pustaka & Studi Lapangan
- Tahap Pengumpulan Data
 - Layout TPKS
 - Data Peti kemas
 - Data alat angkut peti kemas
 - Data biaya material *handling*
- Pengolahan Data
 - *Layout* awal
 - Perhitungan jarak perjalanan terjauh
 - Perhitungan total jarak
 - Perhitungan biaya total jarak
 - Pembentukan *module layout* dengan pendekatan *perpendicular layout*.
 - Perhitungan perjalanan terjauh
 - Perhitungan total jarak
 - Perhitungan biaya total

d. Analisa dan Pembahasan

- Analisa perhitungan Jarak Perjalanan & Biaya bahan bakar Sebelum *Relayout*
 - Analisa perhitungan Jarak Perjalanan & Biaya bahan bakar Setelah *Relayout*
 - Analisa perbandingan *Layout* Awal & *Layout* Akhir
- e. Tahap penutup
Menarik kesimpulan dari hasil penelitian

4. Pengolahan Data

4.1. Tata Letak Awal

Pengaturan tata letak yang ada di *Container Yard* 01 Terminal Peti Kemas Semarang dengan panjang dermaga 334,8 meter dan lebar keseluruhan 210,4 meter, merupakan *parallel layout* karena blok peti kemas dipersiapkan paralel dengan gerbang atau tempat keluaran terminal, dimana dalam satu slot terdapat 50 peti kemas ukuran 20", 5 baris dalam satu slot, jumlah tumpukan dalam satu slot sebanyak 3 *tier* dan jarak antar slot adalah 9,5 meter.

Notasi prosedur optimalisasi *layout*:

- Kecepatan rata-rata berkendara di terminal peti kemas sebesar $t_t = 0,18$ s/m setara dengan 20 Km/jam.
- Ruang untuk peti kemas (s) termasuk *allowance* 0,30 m didapat hasil sebesar 17,581 m²
- Rata-rata peti kemas di *yard layout* didapat hasil sebesar 7200 TEUs.

Optimalisasi Relokasi Kontainer

Kapasitas penyimpanan peti kemas di *yard* untuk *parallel layout* didapat luas area 44997,12 m², jumlah total tanah untuk kontainer di *yard* 2584,85 TEUs. Dengan rata-rata jumlah peti kemas yang ditata di tiap slot sebanyak 7200 TEUs didapat rata-rata tingkatan peti kemas di tata di *yard* sebesar 3 tier.

Jarak perjalanan terjauh

Dihitung berdasar jarak perjalanan *head truck* dari dermaga ke *yard* untuk mengangkut peti kemas dan kembali ke dermaga dihitung dengan formulasi :

$$d_b(M,N) = \frac{(2N^2 + 3N + 1)}{3N^2} B + A \quad (7)$$

Diketahui :

$N = 1; M = 8; B = 334,8 \text{ m}; A = 210,4 \text{ m}$

$$d_b(M,N) = \frac{(2N^2 + 3N + 1)}{3N^2} B + A$$

$$d_b(M,N) = \frac{(2 \cdot 1^2 + 3 \cdot 1 + 1)}{3 \cdot 1^2} 334,8 + 210,4$$

$$d_b(M,N) = 2 \times 334,8 + 210,4$$

$$d_b(M,N) = 880 \text{ m}$$

Total Jarak Perjalanan

Perhitungan dilakukan dengan pengukuran jarak secara manual. Karena kasus di *yard layout*, *head truck* tidak bisa melakukan putaran maka *head truck* harus berjalan sesuai dengan *transfer line* dan diasumsikan *head truck* ada di dermaga.

Diketahui :

Panjang *yard* (x) = 334,8 m

Peti kemas yang disusun secara vertikal = 6

Rata-rata ketinggian peti kemas = 3 tier Sehingga jumlah peti kemas di tiap titik slot = $6 \times 3 = 18$ peti kemas.

Karena *head truck* berjalan sesuai *transfer line*, maka jarak perjalanan = $2x + y$

Untuk Slot A :

lebar *yard* (y) = 210,4 m

Jarak perjalanan = $(2 \times 334,8) + 210,4 = 880 \text{ m}$

Jadi untuk total jarak di titik ke-1

= $880 \text{ m} \times 18 \text{ peti kemas} = 15.840 \text{ m}$

Jarak perjalanan titik ke-2 :

= (Jarak perjalanan titik ke-1) - (panjang peti kemas + (2 x Allw.))

= $880 \text{ m} - (6,058 + (2 \times 0,319)) = 873,3 \text{ m}$

Jadi untuk total jarak di titik ke-1

= $873,3 \text{ m} \times 18 \text{ peti kemas} = 15.719,5 \text{ m}$

Untuk perhitungan titik ke-3 sampai dengan titik ke-50 dilakukan dengan cara yang sama.

Sehingga diperoleh total jarak perjalanan untuk slot A adalah 644.353,2 Untuk slot yang lain juga dicari dengan cara yang sama sehingga didapat total jarak perjalanan sebesar 4.492.065,6 m.

Biaya Material Handling

Biaya ini dihitung berdasar biaya bahan bakar yang dibutuhkan oleh *head truck* selama melakukan pemindahan barang.

- Total jarak perjalanan : 4.492.065,6 m

- Biaya Bahan Bakar/Liter : Rp. 4.500,-/liter

- konsumsi bahan bakar = 5.000 m/liter

- Biaya Bahan Bakar:

$$= \frac{\text{Total Jarak Tempuh}}{\text{Jarak Tempuh Truck per Liter}} \times H \text{ arg aBBM}$$

$$= \frac{4.492.065,6 \text{ m}}{5000 \text{ m/l}} \times 4500 = \text{Rp } 4.042.858,5,-$$

4.2. Perpendicular Layout

Relayout terminal peti kemas dengan pendekatan *perpendicular layout* didapat dalam satu slot ada 31 peti kemas ukuran 20", 5 baris dan 3 tier atau jumlah tumpukan dalam satu slot dengan jarak antar slot adalah 9,5 meter. Untuk jumlah slot ada 13 slot dengan susunan tegak lurus terhadap dermaga.

Notasi prosedur optimalisasi *layout*

- Kecepatan rata-rata berkendara di terminal peti kemas sebesar $t_t = 0,18 \text{ s/m}$ setara dengan 20 Km/jam.
- Ruang untuk peti kemas (s) termasuk *allowance* 0,30 m didapat hasil sebesar 17,581 m²
- Rata-rata peti kemas di *yard layout* didapat hasil sebesar 7.254 TEUs.

Jarak perjalanan terjauh

Untuk mengetahui jarak perjalanan terjauh *head truck* dari dermaga ke *yard* untuk mengangkut peti kemas dan kembali ke dermaga . hitung dengan formulasi :

$$E(X_N) = \frac{2B}{3N^2} (1 + 2N^2) \quad (8)$$

Diketahui :

$N = 13, M = 1, B = 334,8 \text{ m}, A = 210,4 \text{ m}$, maka

$$E(X_N) = \frac{2 \times 334,8}{3(13)^2} (1 + 2(13)^2)$$

$$E(X_N) = \frac{669,6}{507} (339) = 447,72 \text{ m}$$

Total Jarak Perjalanan

Perhitungan total jarak perjalanan di *yard layout* dalam penelitian ini dilakukan secara manual. Karena kasus di *yard layout*, *head truck* tidak bisa melakukan putaran maka *head truck* harus berjalan sesuai dengan *transfer line* dan diasumsikan *head truck* ada di dermaga.

Lebar *yard* (y) = 210,4 m

Jumlah peti kemas = 18 peti / slot

Karena *head truck* berjalan sesuai *transfer line*, maka :

Jarak perjalanan = $2y + x$

Untuk Slot A :

- Titik ke-1
$$: x = \frac{w}{2} = \frac{52,6}{2} = 26,3 \text{ m}$$
Jarak perjalanan = $(2 \times 210,4) + 26,3$
 $= 420,8 + 26,3$
 $= 447,1 \text{ m}$ Total jarak di titik ke-1
 $= 447,1 \text{ m} \times 18 \text{ peti kemas} = 8047,8 \text{ m}$
- Titik ke-2 :
Jarak perjalanan
 $= (\text{Jarak perjalanan titik ke-1}) - (\text{panjang peti kemas} + (2 \times \text{Allw.}))$
 $= 447,1 \text{ m} - (6,058 + (2 \times 0,319)) = 440,404 \text{ m}$ Total jarak di titik ke-2
 $= 440,404 \text{ m} \times 18 \text{ peti kemas} = 7.927,3 \text{ m}$

Untuk perhitungan titik ke-3 sampai dengan titik ke-50 dilakukan dengan cara yang sama sehingga diperoleh total jarak perjalanan untuk slot A adalah 193.436 m. Perhitungan tersebut dilakukan untuk seluruh slot sehingga didapat total jarak perjalanan untuk *perpendicular layout* sebesar 2.514.672 m.

Biaya Material Handling

Perhitungan ini untuk mengetahui berapa biaya bahan bakar yang digunakan, dengan jarak Perjalanan *Perpendicular layout* sebesar 2.514.671,6 m maka

Biaya *material handling* pada *perpendicular layout* :

$$= \frac{2.514.671,6}{5.000} \times 4500 = \text{Rp } 2.263.203,-$$

Jadi biaya bahan bakar untuk memindahkan peti kemas adalah sebesar Rp 2.263.203,-

4.3. Selisih Jarak Perjalanan dan Biaya Bahan Bakar

- Selisih Jarak Perjalanan :
 $= 4.492.065,6 \text{ m} - 2.514.671,6 \text{ m}$
 $= 1.977.394 \text{ m}$
- Selisih Biaya :
 $= \text{Rp } 4.042.858,5,- - \text{Rp } 2.263.203,-$
 $= \text{Rp } 1.779.655,5,-$

5. Analisa

5.1. Paralel Layout

Jarak perjalanan *head truck* untuk mengangkut peti kemas antara dermaga dan yard pada *parallel layout* di hitung berdasarkan rute terpanjang yang ada di *yard layout* tersebut. Pada *parallel layout* dengan jumlah kolom (N)

sebanyak 1, jumlah baris (M) sebanyak 8 didapat jarak perjalanan sepanjang 880 m.

Perhitungan total jarak perjalanan *head truck* dilihat dari *transfer line* masing-masing slot, setiap slot yang sama *head truck* saat pengangkutan melalui *transfer line* yang sama sehingga untuk pengangkutan peti kemas di slot yang sama didapatkan jarak yang sama. Dan didapatkan total jarak perjalanan sebesar 4.492.065,6 m.

Diketahui untuk jarak perjalanan *head truck* sebelum relay layout sepanjang 4.492.065,6 m, dengan asumsi harga bahan bakar Rp. 4.500 dan jarak tempuh *head truck* sepanjang 5000 m/liter. Didapat biaya bahan bakar sebesar Rp. 4.042.858,5,-.

5.2. Perpendicular Layout

Relay layout terminal peti kemas dengan pendekatan *perpendicular layout* didapat dalam satu slot ada 31 peti kemas ukuran 20", 5 row dalam satu slot dan 3 tier atau jumlah tumpukan dalam satu slot dengan jarak antar slot adalah 9,5 meter. Untuk jumlah slot ada 13 slot dengan susunan tegak lurus terhadap dermaga (lihat gambar 4.8).

Kapasitas penyimpanan peti kemas di yard untuk *perpendicular layout* didapat luas area 44997,12 m², jumlah total tanah untuk kontainer di yard 2.613,69 TEUs. Dengan rata-rata jumlah peti kemas yang ditata di tiap slot sebanyak 7254 TEUs didapat rata-rata tingkatan peti kemas di tata di yard sebesar 3 tier. Hasil ini hampir sama untuk kapasitas penyimpanan pada *parallel layout* hanya berbeda pada rata-rata tingkatan peti kemas yang ditata di yard.

Jarak perjalanan *head truck* untuk mengangkut peti kemas antara dermaga dan yard pada *perpendicular layout* di hitung berdasarkan rute terpanjang yang ada di *yard layout* tersebut. Pada *perpendicular layout* dengan jumlah kolom (N) sebanyak 13, jumlah baris (M) sebanyak 1 didapat jarak perjalanan sepanjang 447,72 m.

Perhitungan total jarak perjalanan *head truck* dilihat dari *transfer line* masing-masing slot, setiap slot yang sama *head truck* saat pengangkutan melalui *transfer line* yang sama sehingga untuk pengangkutan peti kemas di slot yang sama didapatkan jarak yang sama. Dan didapatkan total jarak perjalanan sebesar 2.514.671,6 m

Diketahui untuk jarak perjalanan *head truck* sebelum relay layout sepanjang 2.514.671,6 m, dengan asumsi harga bahan bakar Rp. 4.500 dan jarak tempuh *head truck* sepanjang 5000 m/liter.

Didapat biaya bahan bakar sebesar Rp. 2.263.203,-.

5.3. Analisa Perbandingan

Berdasarkan hasil perhitungan *layout* awal (*parallel layout*) diperoleh jarak terjauh perjalanan *head truck* sepanjang 880 m dan setelah dilakukan relayout dengan *perpendicular layout* jarak perjalanan *head truck* lebih pendek yaitu sepanjang 447,72 m dan untuk total jarak perjalanan pada *parallel layout* sepanjang 4.492.065,6 m sedangkan pada *perpendicular layout* sepanjang 2.514.671 m. Dengan adanya pengurangan jarak perjalanan *head truck* berpengaruh juga dengan pengurangan biaya bahan bakar yaitu dengan pengurangan biaya yang sangat signifikan sebesar Rp 1.779.655,5,- (44,02%). Hal ini menunjukkan bahwa penerapan *perpendicular layout* lebih baik dibandingkan dengan *layout* awal (*parallel layout*) di terminal peti kemas Semarang.

5.4. Analisa Fungsi Pelabuhan dan Yard

Fungsi pelabuhan menjadi lebih maksimum dapat dilihat dari hasil perbandingan *parallel layout* dengan *perpendicular layout*, yaitu dengan *perpendicular layout* jarak perjalanan *head truck* menjadi lebih pendek dibanding *parallel layout*. Karena jarak perjalanan *head truck* berpengaruh dengan waktu operasi untuk pengangkutan atau pemindahan peti kemas dari *yard layout* ke kapal, dengan jarak perjalanan *head truck* lebih pendek maka waktu pemindahan juga akan lebih cepat, dengan waktu operasi pemindahan peti kemas dari *yard layout* ke kapal lebih cepat maka berpengaruh juga untuk memaksimalkan fungsi pelabuhan yaitu kapal tidak perlu berlabuh lebih lama untuk menunggu operasi pemindahan peti kemas dari *yard layout* ke kapal dan kapal yang lain tidak perlu menunggu giliran lebih lama untuk berlabuh.

Dari hasil perhitungan optimalisasi jumlah relokasi yang diharapkan (Hal. 55) *perpendicular layout* lebih banyak mempunyai ruang sebesar 954,24 m² diperoleh dari *parallel layout* sebesar 44.997,12 m² dan untuk *perpendicular layout* sebesar 45.951,36 m². Dan untuk jumlah peti kemas yang ada di *yard* untuk *perpendicular layout* lebih banyak menampung peti kemas sebanyak 54 peti kemas diperoleh dari *parallel layout* sebanyak 7.200 peti kemas dan *perpendicular layout* sebanyak 7.254 peti kemas. Dengan *perpendicular layout* fungsi *yard* bisa lebih maksimal.

6. Penutup

6.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan di Terminal Peti Kemas Semarang didapatkan kesimpulan bahwa metode *perpendicular layout* lebih baik dibandingkan metode *parallel layout* berdasarkan faktor-faktor sebagai berikut :

1. Berdasarkan perhitungan jarak terjauh, metode *perpendicular layout* mampu mengurangi jarak perjalanan *head truck* sepanjang 432,28 m yang didapat dari jarak perjalanan dari 880 m menjadi 447,72 m.
2. Untuk total jarak perjalanan, metode *perpendicular layout* mampu mengurangi jarak perjalanan *head truck* sepanjang 1.977.394 m yang didapat dari total jarak *parallel layout* sepanjang 4.492.065,6 m dan pada *perpendicular layout* sepanjang 2.514.671,6 m.
3. Dengan adanya pengurangan jarak perjalanan berpengaruh juga pada biaya bahan bakar *head truck*, yaitu metode *perpendicular layout* mampu mengurangi biaya bahan bakar sebesar Rp 1.779.655,5,- didapat dari biaya bahan bakar *parallel layout* sebesar Rp 4.042.858,5,- dan pada *perpendicular layout* sebesar Rp 2.263.203,-.
4. Fungsi *container yard* dan pelabuhan bisa lebih dimaksimalkan.

6.2 Saran

Dari perbandingan *parallel layout* awal dengan *perpendicular layout* usulan yang kami teliti di Terminal Peti Kemas Semarang, dapat disarankan :

1. Metode *perpendicular layout* agar dapat menjadi bahan pertimbangan di terminal peti kemas Semarang.
2. Untuk mengurangi jarak perjalan dan biaya bahan bakar *head truck* sebaiknya menerapkan metode *perpendicular layout*.
3. Untuk memaksimalkan fungsi *yard* dan pelabuhan sebaiknya menerapkan metode *perpendicular layout*.
4. Untuk penelitian lebih lanjut dapat mengembangkan tema tugas akhir atau yang berhubungan dengan Terminal Peti Kemas Semarang, yaitu :
 - Dengan menggabungkan metode *parallel layout* dan *perpendicular layout* atau bisa disebut kombinasi pada penelitian Liu, Chin-I. (2004).
 - Simulasi *container yard*.

Daftar Pustaka

- [1]. Assauri, Sofyan., *Manajemen Produksi*. Lembaga Penerbit FE UI, Jakarta, 1980.
- [2]. Apple, James M., *Tata Letak Pabrik dan Pemandahan Bahan*, Edisi Ketiga, Terjemahan, Penerbit ITB, Bandung, 1993.
- [3]. Hadiguna RA., Setiawan H., *Tata Letak Pabrik*. Penerbit Andi Offset, Yogyakarta, 2008.
- [4]. Irani, S.A. and Huang, H., *Custom Design of Facility Layouts for Multi-Product Facilities Using Layout Modules*. IEEE Transactions on Robotics and Automation 16(3):259-267., 2000.
- [5]. Irani dan Huang., *Facility Layout Using Layout Modules*, The Ohio State University., 2003.
- [6]. Kim, Park dan Jin., *An Optimal Layout of Container Yards*, OR Spectrum Vol 30, pp. 675-695., 2007.
- [7]. Kramadibrata, Soedjon., *Perencanaan Pelabuhan*. Penerbit ITB., 2002.
- [8]. Liu, Chin-I., *Automated Guided Vehicle System for Two Container Yard Layout*, Transportation Research Part C Vol.12, pp. 349-368., 2004.
- [9]. Wignjosoebroto, Sritomo., *Tata Letak Pabrik dan Pemandahan Bahan*, Penerbit Guna Widya., 1996.