

Perancangan Kondisi Kerja dengan Menggunakan Desain Faktorial 3^k dalam Rangka Mengantisipasi Peningkatan Aktivitas Bongkar Muat di Pelabuhan Tanjung Mas Semarang

Darminto Pujotomo¹ dan Heru Prastawa²

Program Studi Teknik Industri Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto SH, Tembalang, Semarang, Telp./Faks. (024) 7460052

E-Mail: ¹ darminto_pujotomo@yahoo.com ; ² ruhe@telkom.net.id

Abstrak

Faktor lingkungan fisik kerja merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap kinerja manusia namun sering kurang diperhatikan oleh pihak perusahaan maupun operator dalam melakukan pekerjaan. Kondisi ini juga terjadi pada PT. (Persero) Pelabuhan Indonesia III yang mengelola Terminal Peti Kemas di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang, dimana pada bagian bongkar muat kontainer yang dilakukan oleh unit Gantry Crane dihadapkan pada permasalahan waktu kerja operator yang kurang maksimal sehingga tidak terpenuhinya target perusahaan. Adanya permasalahan ini ditunjang oleh suatu kondisi lingkungan kerja yang tidak ergonomis, seperti tingkat kebisingan yang cukup tinggi, temperatur ruangan tinggi, dan masih adanya keluhan kesilauan akibat dari pencahayaan yang terlalu terang.

Berdasarkan pada kondisi tersebut, perlu dilakukan perancangan lingkungan fisik kerja pada ruang operator Gantry Crane dengan mempertimbangkan beberapa aspek seperti kebisingan, temperatur dan penerangan ruang kerja. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode desain eksperimen faktorial 3 faktor ($\alpha\beta\gamma$), dengan jumlah pengamatan 10 kali tiap perlakuan. Analisis data menggunakan analisis variansi (ANOVA) dengan uji statistik F pada taraf nyata 1% dan 5%.

Dari hasil analisis yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa perbaikan tingkat kebisingan, temperatur, dan penerangan ruang kerja memberikan pengaruh nyata terhadap rata-rata waktu kerja operator Gantry Crane. Operator dapat bekerja dengan waktu optimal pada temperatur 24 – 26 °C, intensitas penerangan 1300-1500 lux pada siang hari dan 150 lux pada malam hari, serta menggunakan tutup telinga. Sedangkan perbaikan fasilitas dengan penambahan tirai, penggunaan ear plug, dan pemasangan AC yang stabil diharapkan dapat mendukung kondisi lingkungan kerja yang sesuai.

Kata kunci : Lingkungan fisik kerja, ANOVA, waktu kerja, perancangan

Absract

Physical work environment is one of factor that influence performance worker, but this is rarely main attention industry, especially for worker as operator when he done. This happened in PT (Persero) Pelabuhan Indonesia III that manage container transportation with Gantry Crane, from shipping in Tanjung Mas Semarang. The problem in this case was operator time work not maximal, so target didn't reach. It was happen because physical work environment not ergonomic, such high temperature in room, level sound from machine very high, brightness is very high.

Based on condition above, this research has goal to design physical work environment in operator room Gantry Crane. The design concern several aspects, such level sound from machine, temperature, and brightness in operator room. Method of this research is factorial experiment design with 3 factors ($\alpha\beta\gamma$), use 10 times replications. Data analysis used analysis variance (ANOVA) with F statistical at level 1% and 5%.

From the result analysis, it can be conclusions that improve level sound from machine, temperature, and brightness in operator room give influence to average operator time work in Gantry Crane. Operator works with optimal time work in temperature 24 – 26 °C, intensity lighting 1300-1500 lumen, use ear plug, and improve facility air conditioner (AC)

Key-words: Physical work environment, ANOVA, time work, design.

1. Pendahuluan

Arus kunjungan kapal di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang pada tahun 2004 sampai dengan tahun 2007 diproyeksikan akan meningkat menjadi 3 unit per hari dari 2 unit perhari pada tahun 2003. Hal ini berakibat pada kegiatan bongkar muat peti kemas setiap tahunnya meningkat, rata-rata sebesar 14,55 % dalam satuan boks dan 17,20 % dalam satuan TEU.

Fasilitas mesin *Gantry Crane* sebagai alat bongkar muat yang dimiliki pelabuhan ini berjumlah 4 unit, dengan mesin yang masih berfungsi hanya 3 unit, dan 1 unit masih dalam perbaikan. Akibat adanya peningkatan aktifitas bongkar muat ini telah menyebabkan peningkatan penggunaan masing-masing peralatan secara optimal.

Untuk itu pengelola Pelabuhan Tanjung Emas Semarang dalam hal ini PT. Pelabuhan Indonesia III (Persero) merencanakan peningkatan kelengkapan fasilitas. Salah satu yang menjadi prioritas utama adalah fasilitas peralatan bongkar muat, diantaranya mesin *Gantry Crane*. Hal ini diharapkan dapat mengantisipasi peningkatan aktifitas yang terjadi.

Dari fasilitas mesin *Gantry Crane* yang dimiliki saat ini, faktor yang sering menjadi masalah adalah ruang kerja operator mesin. Kondisi lingkungan kerja saat ini tidak ergonomis seperti tingkat kebisingan yang cukup tinggi, temperatur ruangan tinggi, getaran yang cukup keras, dan adanya keluhan kesilauan akibat dari pencahayaan yang terlalu terang. Hal ini menyebabkan ketidaknyamanan operator, dan berpengaruh cukup besar kepada kinerja operator, terutama ditinjau dari waktu penyelesaian kerja per kontainer

Dalam perencanaan penambahan fasilitas mesin *Gantry Crane*, diperlukan suatu usaha untuk dapat menunjang peningkatan kinerja operator, melalui perencanaan lingkungan kerja operator yang memperhatikan aspek kenyamanan manusia. Kondisi ini akan membuat operator merasa nyaman bekerja, sehingga jumlah

kontainer yang berhasil dipindahkan dapat dimaksimalkan.

2. Teori

2.1 Faktor Manusia dalam Pekerjaannya

Perhatian terhadap faktor manusia dalam pekerjaannya timbul dari kenyataan bahwa perkembangan teknologi tetap membutuhkan keberadaan dan peranan manusia dalam pengembangannya.

Dalam mempelajari faktor-faktor manusia yang telah berkembang menjadi suatu disiplin ilmu, dititikberatkan pada perilaku manusia dan interaksinya dengan produk, peralatan, fasilitas-fasilitas, prosedur kerja, dan lingkungan kerja. Dengan mempelajari faktor-faktor manusia dapat dicari kemampuan, keterbatasan, dan kebutuhan manusia dalam bekerja.

Tujuan untuk mempelajari faktor-faktor manusia adalah untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi pekerjaan atau tugas-tugas manusia, termasuk meningkatkan pemanfaatan waktu dengan sebaik-baiknya, mengurangi kesalahan dalam bekerja, dan meningkatkan produktifitas. Tujuan lainnya adalah meningkatkan nilai-nilai dan karakteristik manusia tertentu, yaitu memperbaiki faktor keselamatan dalam bekerja, mengurangi kelelahan dan perasaan tertekan akibat bekerja, meningkatkan kenyamanan, meningkatkan kepuasan kerja, dan memperbaiki kualitas hidup.

Pendekatan terhadap faktor manusia merupakan suatu penerapan yang sistematis dari informasi-informasi yang berkaitan dengan kemampuan, keterbatasan, karakteristik perilaku manusia, dan rancangan peralatan-peralatan dan prosedur dalam bekerja, serta lingkungan kerja. Kegiatan yang dilakukan dalam mempelajari faktor-faktor manusia mencakup kegiatan-kegiatan untuk mencari informasi yang berkaitan tentang manusia dan tanggapannya terhadap peralatan-peralatan dan lingkungan kerja. Informasi tersebut digunakan sebagai dasar untuk mengajukan saran-saran dalam membuat suatu rancangan dan untuk memperkirakan

pengaruh-pengaruh yang mungkin dari berbagai alternatif rancangan. Pendekatan terhadap faktor-faktor manusia juga dapat digunakan sebagai dasar untuk melakukan evaluasi suatu rancangan sistem.

Perancangan yang ditujukan untuk pemanfaatan manusia dan optimasi kondisi lingkungan kerja dan kehidupan manusia merupakan ruang lingkup dalam mempelajari faktor-faktor manusia. Dengan mempelajari faktor-faktor manusia kita mengetahui dan menerapkan informasi-informasi tentang perilaku manusia, kemampuan, keterbatasan, dan karakteristik-karakteristik lainnya dalam merancang peralatan, mesin-mesin produksi, sistem kerja, pekerjaan, dan lingkungan kerja agar produktif, aman, nyaman, dan dapat memanfaatkan manusia secara efektif.

2.2 Lingkungan Fisik Tempat Manusia Bekerja

Manusia dalam melakukan pekerjaannya selalu dipengaruhi oleh berbagai faktor. Faktor-faktor tersebut bisa datang dari dirinya sendiri (*intern*) atau mungkin dari pengaruh luar (*extern*). Salah satu faktor yang berasal dari luar adalah kondisi lingkungan kerja – yaitu semua keadaan yang terdapat disekitar tempat kerja seperti temperatur, kelembaban udara, sirkulasi udara, pencahayaan, kebisingan, getaran mekanis, bau-bauan, warna dan lain-lain yang dalam hal ini akan berpengaruh secara signifikan terhadap hasil kerja manusia tersebut [14].

Suatu kondisi lingkungan kerja dikatakan baik apabila dalam kondisi tertentu manusia dapat melaksanakan kegiatannya dengan optimal. Ketidaksiesuaian lingkungan kerja dengan manusia yang bekerja pada lingkungan tersebut dapat terlihat akibatnya dalam jangka waktu tertentu.

Sebagaimana diketahui, terdapat banyak faktor yang mempengaruhi terbentuknya suatu kondisi lingkungan kerja, diantaranya adalah temperatur, kelembaban, pencahayaan, kebisingan, getaran mekanis, warna dan bau-bauan.

2.3 Pengertian Desain Eksperimen

Desain eksperimen adalah suatu rancangan percobaan (dengan setiap langkah tindakan yang betul-betul terdefiniskan) sedemikian sehingga informasi yang berhubungan dengan atau diperlukan untuk persoalan yang sedang diteliti dapat dikumpulkan [10]. Selain itu desain eksperimen didefinisikan sebagai suatu pengujian atau serangkaian pengujian yang bertujuan untuk melakukan perubahan terhadap variabel-variabel input dari proses atau sistem sehingga dapat meneliti dan mengidentifikasi sebab perubahan dari output [5].

Pada umumnya penelitian yang berkaitan dengan eksperimen (penelitian eksperimen) menitikberatkan pada variabel-variabel yang mempunyai pengaruh terhadap suatu perilaku, kemudian mengarahkan pengaruh-pengaruh tersebut sehingga mudah diamati. Penelitian eksperimen mempunyai kelebihan dalam pembatas-pembatas kondisi lingkungan dan karakteristik subyek penelitian mudah dikendalikan, variabel-variabel tugas sesuai dengan kondisi yang dikehendaki.

Pada penelitian yang berhubungan dengan faktor-faktor manusia, *independent variable* dapat dikelompokkan ke dalam tiga bentuk [6] :

- (1) Variabel-variabel yang berhubungan dengan tugas (*task-related variables*) terdiri dari variabel-variabel peralatan dan prosedural, seperti ukuran kotak, letak panel kontrol, jangka waktu istirahat, ketepatan dan kecepatan kerja.
- (2) Variabel-variabel lingkungan (*environmental variables*) seperti berbagai tingkat kebisingan, penerangan, getaran, temperatur, kelembaban, dan sebagainya.
- (3) Variabel-variabel yang berhubungan dengan subyek penelitian (*subject-related variables*) seperti jenis kelamin, tinggi badan, umur, pengalaman.

PERPUSTAKAAN PUSAT
 UNIVERSITAS BRAWIJAYA

3. Metode Penelitian

3.1 Penentuan Faktor dan Taraf Faktor

Faktor merupakan variabel bebas yang mempengaruhi waktu kerja operator *Gantry Crane* pada saat dilakukannya eksperimen sehingga menyebabkan waktu kerjanya tidak seragam (mengalami peningkatan atau penurunan). Faktor-faktor yang dijadikan input dalam pengolahan data adalah faktor-faktor lingkungan kerja fisik yang didapat dari pengamatan langsung dan pengolahan kuisioner, dimana faktor-faktor tersebut dapat menyebabkan terjadinya variasi waktu penanganan per kontainer. Penjelasan faktor dan taraf faktor untuk masing-masing lingkungan fisik dapat dilihat pada tabel 1. berikut:

Tabel 1.
Penentuan faktor dan taraf faktor untuk lingkungan fisik *Gantry Crane*

| Faktor | Taraf Faktor |
|-------------|---------------------|
| Kebisingan | Tanpa tutup telinga |
| | Pakai tutup telinga |
| Temperatur | 30-32 °C |
| | 24-26 °C |
| | 18-20 °C |
| Pencerangan | 2000 < lux |
| | 1500-1750 lux |
| | 1300-1500 lux |

3.2 Asumsi-Asumsi yang Mendasari Analisis Variansi

Sejumlah asumsi perlu diambil agar pengujian dalam ANAVA dapat dilakukan.

Asumsi yang dimaksud diantaranya adalah uji kenormalan data dan homogenitas varians. Uji kenormalan data dilakukan untuk data replikasi pengamatan waktu kerja. Prosedur untuk menganalisis kenormalan adalah *normal probability plot* dan *detrended normal probability plot* sebagai hasil pengolahan *software SPSS (statistical program for social science)*. Sedangkan untuk menganalisis homogenitas varians digunakan uji Bartlett.

3.3. Uji kecukupan/replikasi

Dalam menentukan ukuran sampel replikasi menggunakan prosedur kuasa uji yang merupakan suatu pengujian untuk membuktikan apakah jumlah pengulangan percobaan memiliki peluang sebesar $1 - \beta$ untuk menolak suatu hipotesis bila suatu hipotesis tandingan benar pada suatu taraf keberartian tertentu.

3.4. Perhitungan pengaruh faktor lingkungan fisik

Faktor yang diteliti disini ada 3 faktor yaitu faktor A untuk kebisingan, faktor B untuk temperatur, dan faktor C untuk penerangan/pencahayaan. Faktor B dan C mempunyai taraf faktor bersifat acak sedangkan faktor A taraf faktornya bersifat tetap. Oleh karena itu desain eksperimen yang digunakan adalah desain eksperimen faktorial tri faktor dengan model campuran (A tetap, B dan C acak)

Tabel 2.
Data replikasi lingkungan fisik dengan faktor kebisingan (A), faktor temperatur (B), dan faktor Penerangan (C)

| CAHAYA (C) | KEBISINGAN (A) | | | | | |
|------------------|---------------------|----------|----------|---------------------|----------|----------|
| | Tanpa Tutup Telinga | | | Pakai Tutup Telinga | | |
| | TEMPERATUR (B) | | | | | |
| | 30-32 °C | 24-26 °C | 18-20 °C | 30-32 °C | 24-26 °C | 18-20 °C |
| 2000< lux | 71.06 | 65.51 | 70.19 | 70.55 | 65.31 | 65.51 |
| | 71.87 | 66.07 | 69.96 | 68.96 | 57.72 | 66.07 |
| | 66.95 | 66.36 | 67.32 | 65.32 | 57.82 | 64.36 |
| | 73.51 | 64.07 | 66.93 | 73.93 | 64.52 | 57.07 |
| | 73.09 | 64.23 | 70.35 | 71.65 | 57.33 | 57.23 |
| | 75.29 | 66.94 | 69.73 | 70.73 | 63.65 | 65.94 |
| | 74.21 | 65.33 | 68.35 | 71.34 | 63.08 | 63.33 |
| | 70.65 | 63.68 | 68.6 | 67.6 | 61.01 | 64.68 |
| | 67.39 | 64.07 | 68.12 | 65.09 | 64.83 | 58.07 |
| 73.35 | 63.77 | 65.32 | 68.99 | 59.69 | 60.77 | |
| 1500-1750 lux | 60.22 | 58.09 | 56.21 | 55.09 | 52.2 | 52.43 |
| | 62.13 | 57.41 | 59.73 | 54.41 | 52.69 | 53.25 |
| | 62.44 | 53.42 | 59.82 | 57.42 | 49.75 | 52.72 |
| | 61.91 | 59.91 | 51.5 | 58.51 | 49.49 | 50.23 |
| | 60.57 | 47.63 | 57.33 | 62.73 | 50.29 | 49.98 |
| | 63.42 | 58.34 | 63.66 | 61.34 | 48.51 | 48.63 |
| | 63.56 | 49.18 | 63.08 | 61.98 | 45.97 | 51.34 |
| | 64.11 | 55.35 | 61.01 | 55.15 | 45.86 | 51.32 |
| | 62.83 | 47.49 | 60.83 | 50.49 | 50.04 | 49.81 |
| 64.01 | 49.25 | 61.69 | 50.88 | 45.43 | 53.43 | |
| 1300-1500 lux | 63.21 | 53.27 | 53.19 | 52.53 | 46.93 | 51.09 |
| | 62.07 | 41.5 | 48.59 | 49.25 | 44.58 | 46.61 |
| | 63.35 | 43.42 | 52.66 | 52.62 | 38.31 | 50.13 |
| | 64.17 | 50.13 | 55.54 | 53.24 | 43.18 | 52.06 |
| | 64.26 | 44.69 | 46.6 | 53.98 | 45.09 | 47.07 |
| | 63.94 | 52.91 | 54.21 | 48.03 | 38.47 | 50.65 |
| | 59.12 | 42.18 | 45.46 | 51.24 | 50.03 | 44.18 |
| | 64.18 | 52.1 | 57.39 | 50.32 | 48.78 | 44.14 |
| | 59.67 | 52.21 | 50.04 | 49.61 | 39.79 | 48.81 |
| 59.22 | 48.12 | 59.77 | 53.53 | 38.8 | 47.71 | |

Tabel 3.
Perhitungan ANAVA lingkungan fisik

| Sumber Variasi | dK | JK | KT | F hitung | F Tabel | |
|----------------|-----|-----------|-----------|-------------------|---------------|---------------|
| | | | | | $\alpha=0.01$ | $\alpha=0.05$ |
| Rata-rata | 1 | 596488.53 | 596488.53 | | | |
| Perlakuan : | | | | | | |
| A | 1 | 1418.43 | 1418.43 | Tak ada uji eksak | | |
| B | 2 | 2532.85 | 1266.43 | 41.84 | 18 | 6.94 |
| C | 2 | 7677 | 3838.50 | 126.81 | 18 | 6.94 |
| AB | 2 | 38.30 | 19.15 | 0.42 | 18 | 6.94 |
| AC | 2 | 60.39 | 30.20 | 0.67 | 18 | 6.94 |
| BC | 4 | 121.08 | 30.27 | 2.98 | 3.32 | 2.37 |
| ABC | 4 | 181.36 | 45.34 | 4.47 | 3.32 | 2.37 |
| Kekeliruan | 162 | 1644.86 | 10.15 | | | |
| JUMLAH | 180 | 611053,56 | - | - | | |

Tabel 4.
Pengujian hipotesis dengan $\alpha = 0,01$ dan $\alpha = 0,05$

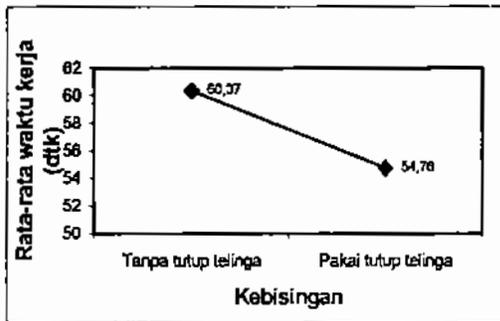
| Faktor | F hitung | F Tabel $\alpha = 0.01$ | Keputusan | F Tabel $\alpha = 0.05$ | Keputusan |
|--------|-------------------|----------------------------|------------|----------------------------|------------|
| A | Tak ada uji eksak | - | - | - | - |
| B | 41.84 | 18 | Tolak Ho2 | 6.94 | Tolak Ho2 |
| C | 126.81 | 18 | Tolak Ho3 | 6.94 | Tolak Ho3 |
| AB | 0.42 | 18 | Terima Ho4 | 6.94 | Terima Ho4 |
| AC | 0.67 | 18 | Terima Ho5 | 6.94 | Terima Ho5 |
| BC | 2.98 | 3.32 | Terima Ho6 | 2.37 | Tolak Ho6 |
| ABC | 4.47 | 3.32 | Tolak Ho7 | 2.37 | Tolak Ho7 |

Setelah melakukan perhitungan analisa variansi, maka dilakukan pengujian hipotesis dengan menggunakan distribusi F pada taraf keberartian $\alpha = 0,01$ dan $\alpha = 0,05$. Hipotesis nol yang akan diuji untuk model ini adalah bahwa tidak terdapat efek faktor kebisingan (A), faktor temperatur (B) dan faktor penerangan (C) serta tidak terdapat efek interaksi antara dua faktor dan tiga faktor terhadap waktu kerja operator *Gantry Crane*.

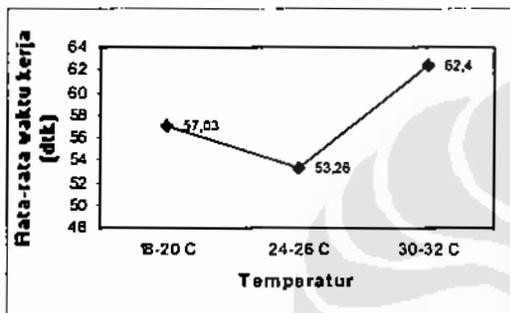
Hipotesis alternatif atau tandingannya adalah terdapat efek faktor kebisingan (A), faktor temperatur (B) dan penerangan (C) serta efek interaksi antara dua faktor dan tiga faktor

terhadap waktu kerja operator *Gantry Crane*. Hasil pengujian hipotesis dapat dilihat pada tabel 4 berikut.

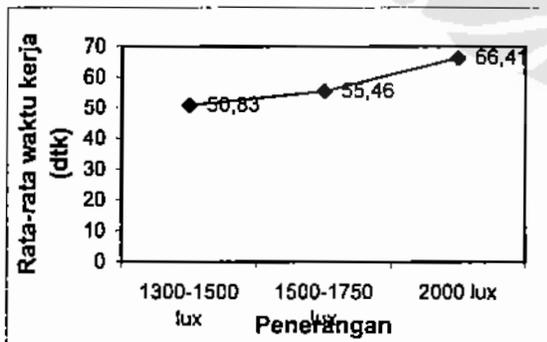
Dengan menggambarkan data rata-rata waktu kerja operator terhadap taraf faktor, dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan waktu untuk masing-masing faktor. Hal ini dilakukan untuk lebih memperkuat hasil pengujian hipotesis di atas. Perbedaan tersebut dapat dilihat dari gambar berikut.



Gambar 1
Taraf faktor kebisingan (A) terhadap rata-rata waktu kerja (dtk)



Gambar 2.
Taraf faktor temperatur (B) terhadap rata-rata waktu kerja (dtk)



Gambar 3.
Taraf faktor Penerangan (C) terhadap rata-rata waktu kerja (dtk)

4. Analisis Hasil

4.1 Analisis Penentuan Faktor dan Taraf Faktor

◆ Kebisingan

Pada ruang kerja operator *Gantry Crane*, yang menjadi obyek penelitian, kebisingan secara kontinyu berasal dari ruang mesin yang berada di atas ruang operator. Kebisingan ini berkisar antara 65-75 dB. Selain itu terjadi juga kebisingan impulsif yang berasal dari bunyi kontainer yang sedang diturunkan mencapai 85 dB. Untuk melihat pengaruh kebisingan ini terhadap waktu kerja operator maka dilakukan eksperimen dengan taraf faktor tetap dimana kondisi awal tanpa tutup telinga dan kondisi eksperimen dengan menggunakan tutup telinga sehingga kebisingan yang didengar oleh operator dapat dikurangi.

◆ Temperatur

Temperatur merupakan faktor lingkungan fisik terpenting yang dirasakan operator sangat berpengaruh terhadap kinerjanya. Pengaruh temperatur ini berkaitan erat dengan ventilasi yang kurang memadai. Umumnya, operator yang tidak nyaman dengan ventilasi di ruang kerja, merupakan operator yang bekerja pada mesin *Gantry Crane* di dermaga I. Taraf faktor untuk temperatur yang diteliti berdasarkan surat edaran Mennaker tahun 1978 tentang nilai ambang batas untuk iklim kerja dan temperatur yaitu temperatur kondisi awal 30-32 °C, temperatur optimum untuk produktifitas kerja orang Indonesia 24-26 °C, dan temperatur mini-mum/terendah untuk ruang kerja sebesar 18-20 °C.

◆ Penerangan

Penerangan sangat diperlukan untuk membantu menciptakan lingkungan kerja yang aman sehingga menghasilkan daya penglihatan yang nyaman dan efisien, dan untuk mengurangi kerugian-kerugian yang timbul sebagai akibat penurunan kemampuan operator. Berdasarkan Peraturan Menteri Perburuhan No. 7 tahun 1964, kegiatan bongkar muat kontainer termasuk dalam pekerjaan membe-dakan barang kasar dengan penerangan minimum yang diijinkan sebesar 50 lux.

4.2 Analisis Asumsi ANAVA dan Replikasi

Hasil dari uji Bartlett diuraikan pada tabel 5 berikut:

Tabel 5.
Pengujian hipotesis homogenitas varians dengan prosedur uji Bartlett

| χ^2 hitung | χ^2 Tabel $\alpha = 0,01$ | Keputusan | χ^2 Tabel $\alpha = 0,05$ | Keputusan |
|-----------------|--------------------------------|-----------|--------------------------------|-----------|
| 13,23 | 21,7 | Terima Ho | 16,9 | Terima Ho |

terlihat bahwa χ^2 (chi kuadrat) hitung nilainya lebih kecil daripada χ^2 tabel pada taraf keberartian 0,01 dan 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa data replikasi waktu kerja operator *Gantry Crane* yang diambil dapat di-asumsikan homogen sehingga pengujian dalam ANAVA dapat dilakukan.

Sedangkan untuk menentukan ukuran sampel/replikasi menggunakan prosedur kuasa uji. Dari perhitungan didapatkan bahwa peluang $1-\beta$ dengan nilai $\alpha = 0,01$ dan $\alpha = 0,05$ berkisar antara 0,65 – 0,99 untuk faktor kebisingan (A), faktor temperatur (B) dan faktor penerangan ruang kerja (C). Hal ini menunjukkan bahwa replikasi data yang digunakan memiliki kuasa uji sebesar 0,65 – 0,99 untuk menolak suatu hipotesis bila suatu hipotesis tandingan benar, atau dengan kata lain banyaknya replikasi sudah cukup untuk menghasilkan kuasa uji yang tinggi.

4.3 Analisis Hasil Pengujian ANAVA

Pada penelitian ini, analisis variansi digunakan untuk menguji faktor lingkungan fisik yang berpengaruh terhadap rata-rata waktu kerja operator *Gantry Crane*. Perhitungan ANAVA didasarkan pada dua level taraf keberartian yaitu 0,01 dan 0,05. Level ini dipilih karena memiliki penyimpangan untuk terjadi kesalahan paling kecil. Hal ini berarti bahwa akan terjadi penolakan suatu hipotesis nol bilamana hipotesis

tandingan salah adalah sebesar 1% dan 5%.

Dari tabel 4. pengujian hipotesis dapat dilihat bahwa untuk faktor temperatur (B) dan faktor penerangan (C) ternyata terdapat pengaruh terhadap rata-rata waktu pengangkatan per kontainer. Ternyata tidak terdapat pengaruh interaksi faktor kebisingan dengan faktor temperatur dan interaksi faktor kebisingan dengan faktor penerangan ruang kerja, terhadap rata-rata waktu pengangkatan per kontainer, karena dari pengujian hipotesis Ho diterima untuk faktor AB dan AC.

Dari pengujian hipotesis, ternyata terdapat pengaruh nyata dari interaksi faktor temperatur dengan faktor penerangan ruang kerja (BC) terhadap rata-rata waktu pengangkatan per kontainer pada taraf uji $\alpha = 0,05$. Dengan kata lain apabila perubahan kondisi lingkungan kerja dilakukan pada taraf faktor temperatur (30-32 °C, 24-26 °C, 18-20°C) dan penerangan ruang kerja (2000 lux, 1500-1750 lux, 1300-1500 lux) yang diteliti, perubahan yang cukup signifikan terlihat pada pengujian dengan nilai $\alpha = 0,05$.

Dari pengujian hipotesis, terdapat pengaruh interaksi faktor kebisingan, faktor temperatur dan faktor penerangan ruang kerja terhadap rata-rata waktu pengangkatan per kontainer. Dengan kata lain apabila perubahan kondisi lingkungan kerja dilakukan pada taraf faktor kebisingan (tanpa tutup telinga, pakai tutup telinga), temperatur (30-32 °C, 24-26 °C, 18-20 °C) dan penerangan ruang kerja (2000 lux, 1500-1750 lux, 1300-1500 lux) yang diteliti, terdapat perubahan yang berarti terhadap rata-rata waktu kerja operator *Gantry Crane*.

4.4 Usulan Perancangan Kondisi Lingkungan Fisik Kerja

Dalam merancang kondisi lingkungan fisik ruang kerja operator *Gantry Crane* yang ergonomis dilakukan berdasarkan pada hasil

penelitian yang telah dilakukan mengenai pengaruh faktor kebisingan, faktor temperatur dan faktor penerangan. Untuk memperoleh kondisi ruang kerja yang ergonomis diperlukan beberapa perbaikan dari kondisi yang ada sekarang. Rekomendasi yang dapat diberikan kepada pihak perusahaan dijelaskan berikut ini

- Faktor kebisingan

Kebisingan yang terjadi pada lingkup kerja pelabuhan mencapai 75 dB secara kontinyu dan 85 dB yang terjadi secara impulsif. Kebisingan ini termasuk dalam kategori kondisi bunyi yang kuat mengarah ke kondisi hiruk-pikuk. Kondisi bising ini terjadi terus-menerus sehingga dapat menyebabkan terjadinya gangguan terhadap operator. Gangguan ini terutama terjadi pada efek psikologis dan efek fisiologis yang akhirnya dapat berpengaruh pada efek produktifitas.

Respon psikologis manusia terhadap kebisingan sulit untuk diketahui secara kuantitatif, tetapi umumnya untuk menilai respon psikologis ini secara obyektif dapat dilakukan dengan menilai hasil kerja yang dilakukan operator dibawah perlakuan kebisingan. Efek psikologis yang dirasakan oleh operator *Gantry Crane* adalah mengganggu konsentrasi kerja, mengurangi performance kerja fisik, dan menaikkan emosi.

Gangguan fisiologis dari kebisingan selama ini belum terlihat pada operator *Gantry Crane*, namun kondisi ini akan didengar dalam jangka waktu yang lama sehingga dikhawatirkan akan merusak fungsi pendengaran (tuli). Oleh karena itu perlu adanya pengendalian kebisingan sebelum menimbulkan akibat yang tidak diinginkan. Pengendalian ini dapat dilakukan secara teknis (*engineering control*) dengan kontrol pada tingkat penerima menggunakan tutup telinga (*ear plug*) seperti dalam eksperimen atau menggunakan *headphone* yang dapat mengurangi

radiasi bising lebih besar dibandingkan *ear plug*.

Dari hasil rekapitulasi penyebaran kuisioner, diketahui bahwa sebesar 60% operator *Gantry Crane* merasa terganggu dengan kebisingan yang ada. Hal ini dapat diartikan bahwa operator masih belum merasa nyaman dengan kondisi kerja saat ini. Berkaitan dengan akan ditambahnya unit *Gantry Crane* setelah pembangunan tahap III, maka perusahaan perlu mempertimbangkan untuk membuat ruang kerja yang kedap suara sehingga radiasi bising yang dikurangi menjadi lebih besar, yaitu mencapai 20-39 dB.

- Faktor temperatur

Dari penelitian mengenai pengaruh temperatur terhadap rata-rata waktu pengangkatan kontainer yang telah dilakukan, ternyata perubahan kondisi temperatur dari rendah ke tinggi berpengaruh nyata terhadap operator. Hal ini didukung oleh pengisian kuisioner yang menempatkan faktor temperatur sebagai faktor utama yang berpengaruh terhadap kinerja operator. Sebanyak 72 % responden menyatakan belum merasa nyaman dengan suhu di tempat kerjanya, dalam hal ini ruang kerja operator *Gantry Crane*. Sebuah kondisi nyaman adalah berada di daerah netral, dimana tubuh tidak memerlukan aksi untuk menjaga agar kondisi panas tetap seimbang [9]. Intelektual manusia dan kinerja persepsi akan meningkat ketika keadaan *termal* nyaman. Temperatur lingkungan nyaman berada dalam jangkauan 24-26 °C, dimana tingkat produktifitas manusia akan mencapai tingkat yang paling tinggi.

Ketidaknyamanan dapat menimbulkan efek-efek psikologis. Kondisi panas yang berlebihan akan mengakibatkan lelah dan kantuk, mengurangi kestabilan, memperpanjang waktu reaksi dan mengurangi jumlah angka kesalahan kerja. Sebaliknya kondisi dingin yang berlebihan akan mengakibatkan keluhan kaku dan

kurangnya kordinasi otot, me-nimbulkan rasa malas, yang mana akan mengurangi kewaspadaan dan konsen-trasi.

Temperatur lingkungan nyaman untuk daerah tropik berkisar 26-27 °C [1]. Untuk kondisi lingkungan kerja pelabuhan, suhu udara berkisar 28-30 °C dan pada siang hari bisa mencapai 32 °C. Temperatur nyaman yang diinginkan dapat dicapai dengan memasang AC (*Air Conditioner*) pada ruang kerja operator *Gantry Crane*.

Pada kenyataan di lapangan, terdapat beberapa operator yang menyatakan tidak senang menggunakan AC. Rata-rata me-reka menyatakan merasa nyaman bekerja dengan ventilasi terbuka. Ventilasi berada di sisi kanan dan kiri operator dengan ukuran 40x50 cm. Tetapi sirkulasi udara yang diharapkan masih kurang memadai sehingga temperatur dalam ruangan masih terasa panas. Untuk itu hendaknya ukuran ventilasi diperbesar agar sirkulasi udara lancar dan tidak terasa pengap.

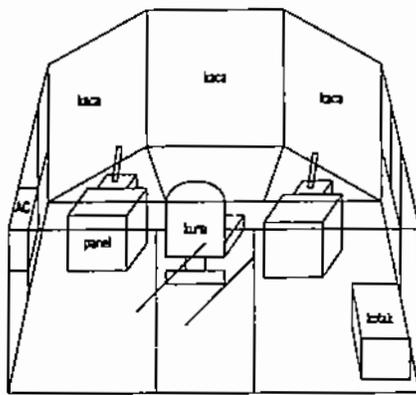
- Faktor penerangan

Penerangan di tempat kerja berfungsi untuk memudahkan mata membedakan benda-benda yang digunakan di tempat kerja. Pencahayaan yang baik adalah nyaman dan menyenangkan sehingga mampu memelihara kegairahan kerja. Penerangan yang mencukupi obyek peng-lihatan akan membantu tenaga kerja untuk melaksanakan pekerjaannya dengan mu-dah dan cepat.

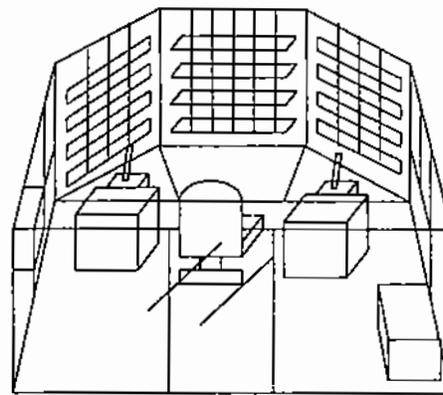
Rata-rata operator menyatakan sudah merasa nyaman dengan sistem pene-rangan yang ada. Hal ini terlihat dari hasil penyebaran kuisioner, dimana sebanyak 88% responden menjawab sudah merasa nyaman bekerja menggunakan pene-rangan yang ada. Meskipun demikian, peneliti menemukan kenyataan di la-pangan bahwa masih terdapat keluhan yang diakibatkan oleh penerangan.

Keluhan yang terjadi pada siang hari adalah adanya kesilauan yang disebabkan oleh masuknya cahaya matahari secara langsung dan adanya pantulan cahaya matahari dari air laut yang berhadapan langsung dengan penglihatan operator. Cahaya matahari masuk ke dalam ruang kerja operator *Gantry Crane* melalui dinding kaca yang berukuran hampir setengah dari ruang kerja operator, yang berukuran 2,4x2,2x2,4 m. Selain keluhan kesilauan, cahaya matahari yang masuk terlalu banyak otomatis menyebab-kan temperatur ruang kerja menjadi lebih panas. Dari penelitian yang telah dilakukan, penerangan optimal, berkisar antara 1300-1500 lux. Kisaran pene-rangan ini merupakan kisaran terendah. Namun ting-kat penerangan ini belum memberikan rasa nyaman terhadap operator *Gantry Crane*. Oleh karena itu peneliti menyaran-kan untuk memberikan tirai penutup pada dinding kaca di seke-liling ruang kerja operator sehingga tingkat pencaha-yaan yang masuk dapat diatur sesuai dengan kenyamanan yang dirasakan oleh operator. Tirai yang digu-nakan disarankan terbuat dari plastik karena lebih praktis untuk lingkungan kerja yang berada di ketinggian (40 m dari tanah), dimana angin yang masuk melalui ventilasi relatif lebih kencang. Penempatan tirai penutup ini dapat dilihat pada gambar 4 dan 5.

Perbaikan kondisi ruang kerja operator *Gantry Crane* berdasarkan kondisi lingkungan fisik dapat dilihat pada tabel 6.



Gambar 4.
Keadaan awal ruang operator Gantry Crane



Gambar 5.
Ruang operator Gantry Crane menggunakan tirai

Tabel 6.
Perbandingan kondisi awal dan kondisi perancangan ruang kerja operator

| Faktor | Kondisi awal ruang kerja | Kondisi hasil rancangan |
|------------|--|---|
| Kebisingan | Tanpa tutup telinga | Menggunakan tutup telinga (<i>ear plug / headphone</i>) |
| Temperatur | Menggunakan AC dengan set-up tidak stabil | Menggunakan AC yang di set-up pada suhu antara 24-26 °C |
| Penerangan | Penerangan siang hari berasal dari sinar matahari langsung melalui dinding kaca dan penerangan malam hari berasal dari lampu kuning berintensitas 50 lux | Dinding kaca ditutup tirai plastik untuk mengatur tingkat pencahayaan agar tidak silau dan malam hari menggunakan lampu kuning serta lampu neon 20 watt sehingga intensitas menjadi 150 lux |

5. Kontribusi

Dalam merancang kondisi lingkungan fisik ruang kerja operator Gantry Crane dilakukan berdasarkan pada hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai pengaruh faktor kebisingan, faktor temperatur dan faktor penerangan. Penelitian dilakukan hanya pada shift I dan shift II, karena kondisi faktor penerangan untuk shift III diasumsikan sama dengan kondisi pada shift II. Untuk memperoleh kondisi ruang kerja yang ergonomis diperlukan beberapa perbaikan dari kondisi yang ada sekarang.

Dari hasil penelitian ini, dapat diambil beberapa perbaikan dalam perancangan kondisi kerja di ruang operator mesin Gantry Crane, sbb :

- Faktor kebisingan diatasi dengan menggunakan tutup telinga sehingga tingkat kebisingan yang

didengar oleh operator dapat dikurangi.

- Faktor temperatur dengan suhu 24-26 °C yang merupakan suhu nyaman bagi orang Indonesia, dimana dari penelitian diperoleh hasil bahwa rata-rata waktu kerja operator mencapai tingkat paling tinggi pada temperatur ini.
- Faktor penerangan dengan kekuatan penerangan 1300-1500 lux untuk shift I dan 150 lux untuk shift II. Untuk memperoleh tingkat penerangan optimum sebesar 150 lux dapat dilakukan dengan memasang lampu 20 watt

6. Kesimpulan

1. Hasil rancangan kondisi lingkungan kerja berdasarkan faktor kebisingan, temperatur dan penerangan untuk ruang kerja operator Gantry Crane dari hasil

pengujian yang telah dilakukan pada pengolahan data didapatkan sebagai berikut:

- ◆ Faktor kebisingan dengan menggunakan tutup telinga sehingga tingkat kebisingan yang didengar oleh operator dapat dikurangi.
 - ◆ Faktor temperatur dengan suhu 24-26 °C yang merupakan suhu nyaman bagi orang Indonesia, dimana dari penelitian diperoleh hasil bahwa rata-rata waktu kerja operator mencapai tingkat paling tinggi pada temperatur ini.
 - ◆ Faktor penerangan dengan kekuatan penerangan 1300-1500 lux untuk shift I dan 150 lux untuk shift II.
2. Penurunan rata-rata waktu kerja operator Gantry Crane terpendek untuk shift I dihasilkan pada eksperimen 223 (faktor kebisingan; pakai tutup telinga, faktor temperatur; 24-26 °C, faktor penerangan; 1300-1500 lux) dengan rata-rata 42,80 detik dan kenaikan output sebesar 68 % dari kondisi awal.
 3. Penurunan rata-rata waktu kerja operator Gantry Crane terpendek untuk shift II dihasilkan pada eksperimen 222 (faktor kebisingan; pakai tutup telinga, faktor temperatur; 24-26 °C, faktor penerangan; 150 lux) dengan rata-rata 36,71 detik dan kenaikan output sebesar 61 % dari kondisi awal

Daftar Acuan

1. Bintoro, Chakim, *Pengaruh Kebisingan, Penerangan, dan Temperatur Ruang Kerja Terhadap Pekerjaan Pemeriksaan Visual Ditinjau dari Kriteria Hasil Kerja dan Kriteria Fisiologis*, Tugas Akhir, Jurusan TI-ITB, 1991
2. Gaspersz, Vincent, *Teknik Analisis dalam Penelitian Percobaan*, PT. Tarsito, Bandung, 1995
3. Hendrawan, Andi; Suharyana; Kusuma, N.I, *Pengaruh Tingkat Pencahayaan Terhadap Kelelahan Kerja Pada Tenaga Akuntansi Hotel Berbintang di Yogyakarta*, Prosiding

- Seminar Nasional Ergonomi, UGM, 2003
4. Hicks, Charles R., *Fundamental Concepts in The Design of Experiment*, Third Edition, Holt. Rinehart and Winston Inc, New York, 1982
5. Montgomery, Douglas C., *Design and Analysis of Experiments*, Second Edition, John Willey & Sons Inc., Singapore, 1991
6. Mulyana, Emul; Arifin, Dadang; Yulistiarini, Rina, *Merancang Kon-disi Lingkungan Kerja yang Ergo-nomis dengan Melihat Pengaruh Faktor Kebisingan, Temperatur, dan Penerangan Ruang Kerja Terhadap Kinerja Operator di Bagian Quality Control PT. Natatex Intiland Corp*, Prosiding Seminar Nasional Teknik Industri 2001, BKSTI, 2002
7. Nasution, S.R, *Pengaruh Kebisingan Terhadap Waktu Penyelesaian Kerja Operator*, Prosiding Seminar Nasional Ergonomi, UGM, 2003
8. Santoso, Singgih, *Buku Latihan SPSS Statistik Parametrik*, PT. Elek Media Komputindo, Jakarta, 2000
9. Simanjuntak, R.A, *Pengaruh Temperatur Terhadap Waktu Kerja Operator*, Prosiding Seminar Nasional Ergonomi, UGM, 2003
10. Sudjana, *Desain dan Analisis Eksperimen*, PT. Tarsito, Bandung, 1995
11. Sudjana, *Metoda Statistika*, Edisi ke-6, PT. Tarsito, Bandung, 1996
12. Suma'mur, P.K., *Higine Perusahaan dan Keselamatan Kerja*, PT. Gunung Agung, Cetakan ke-5, Jakarta, 1984
13. Walpole, R.E and Myers, R.H., *Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuwan*, Edisi ke-4, Penerbit ITB, Bandung, 1989
14. Wignjosuebrotto, Sritomo, *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu*, Edisi Pertama, PT. Guna Widya, Jakarta, 1995
15. *Sebuah Langkah Efisiensi*, PT. Pelabuhan Indonesia III, Semarang