

Seminar Nasional V Manajemen dan Rekayasa Kualitas

PROCEEDING

*“Peran Standar, Rekayasa dan Otomasi
dalam Kualitas untuk Memperkuat Daya Saing Industri”*



05 Juni 2013
Aston Tropicana Hotel & Plaza, Bandung



Jurusan Teknik Industri
Institut Teknologi Nasional



Laboratorium Sistem Produksi
Institut Teknologi Bandung



Badan Kerja sama Penyelenggara Pendidikan Tinggi
Teknik Industri (BKSTI)

ISSN 1907-0470

Seminar Nasional V Manajemen dan Rekayasa Kualitas
“Peran Standar, Rekayasa, dan Otomasi dalam Kualitas
untuk Memperkuat Daya Saing Industri”
Bandung, 5 Juni 2013

Steering Committee & Reviewer

Prof. Dr. Harsono Taroepratjeka
Prof. Dr. Isa Setiayah Toha
Prof. Dr. Bermawi P. Iskandar
Prof. Dr. Dradjad Irianto
Dr. Anas Ma'ruf
Dr. Iwan I. Wiratmadja
Dr. Rachmawati Wangsaputra
Dr. Kusmaningrum Leksananto
Ir. Ambar Harsono, M.T.
Arif Imran, Ph.D
Ir. Susy Susanty, M.T.

Ketua

Ir. Yuniar, M.T.

Wakil Ketua

Ir. Abu Bakar, M.M

Sekertaris

Rispianda S.T., M.T., MPhil
Hendro Prassetiyo, S.T., M.T.

Bendahara

Arie Desrianty, S.T., M.T

Editor

Arie Desrianty, S.T., M.T
Khuria Amila, S.T., M.T
Gita Permata L, S.T., M.T.
Asterina Febrianty, S.T.
Rispianda S.T., M.T., MPhil
Hendro Prassetiyo, S.T., M.T.

DAFTAR ISI

Kelompok A

| Kode Wakalah | Judul | Penulis | Instansi |
|-----------------|---|--|---|
| A1 | Penerapan Pengendalian Kualitas Statistik pada Produk Paper L150 di PT.XYZ | Putro Ferro F, Sofyan Abdurahman E, Ja'far Salim | Jurusan Teknik Industri - Universitas Sultan Ageng Tirtayasa |
| A2 | Usulan Perbaikan Proses Pembuatan Kertas Sigaret dengan Menggunakan Metode <i>Failure Mode And Effect Analysis</i> (FMEA) (Studi Kasus di PT. Kertas Padalarang (Persero)) | Dedeh Kurniasih | Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik - Universitas Pasundan |
| A3 | Pendekatan <i>Inverse-Transform Random Variate Generator</i> Berbasis Distribusi Geometri pada Pengacakan Random Sampling | Arif Rahman | Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik - Universitas Brawijaya |
| A4 | Perbaikan Kualitas Produksi dengan Mempertimbangkan Faktor-Faktor Dominan (Studi Kasus pada PT. Ambon Press Intermedia) | Novita Irma Diana M | Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik - Universitas Darussalam Ambon |
| A5 | Peta Kendali Penolakan (P) untuk Memantau Proses Pemeriksaan Material "X" | Luthfi Nurwandi | Jurusan Teknik Industri - Sekolah Tinggi Teknologi Garut |
| A6 | Penggabungan Konsep <i>Lean</i> dan <i>Activity-Based Costing</i> dalam Penerapan Metode <i>Six Sigma</i> | Cindy Marika Amalia Wibowo | Magister Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri - Universitas Katolik Parahyangan |
| A7 | Perbaikan Kualitas Stasiun Kerja <i>Finish Forming</i> dengan Menggunakan Metode <i>Six Sigma</i> | Kelvin Yohanes Galung, Muhammad Akbar, Dradjad Irianto | Kelompok Keahlian Sistem Manufaktur – Institut Teknologi Bandung |
| A8 | Perbaikan Kualitas Produk <i>Shoulder for E Clip</i> dengan Menggunakan Metoda <i>Six Sigma</i> | Rausyan Fikri, Muhammad Akbar, Dradjad Irianto | Kelompok Keahlian Sistem Manufaktur – Institut Teknologi Bandung |
| A9 | Usulan Perbaikan <i>Quality Inspection</i> Melalui Implementasi Metoda <i>Six Sigma</i> (Studi Kasus Produk <i>Strap Rubber</i> di CV. Kiranyata Teknik) | Rida Norina, Siti Rydiantika | Program Studi Teknik Industri - Universitas Jenderal Achmad Yani |
| A10 | Analisis Kegagalan Produk <i>Integrated Circuit</i> (IC) dengan Menggunakan Metode <i>Failure Mode And Effect Analysis</i> (FMEA) di PT "X" Bandung | Yani Iriani | Jurusan Teknik Industri , Fakultas Teknik - Universitas Widyatama |
| A11 | Analisa dan Perancangan Sistem Pengendalian Kualitas dengan Menggunakan Konsep <i>Six Sigma</i> untuk Meminimumkan Produk Cacat Studi Kasus: Produk <i>Under Bracket</i> di PT. Perkakas Rekada Nusantara | Budi Astuti, Rinto Yusriski, Gianti Puspawardhani, Andini Maheswari | Program Studi Teknik Industri - Universitas Jenderal Achmad Yani |

Kelompok B

| No Urut | Judul | Penulis | Instansi |
|------------|---|--|--|
| 31 | Pengaruh Nilai-Nilai Total <i>Quality Management</i> in Education terhadap <i>Competitive Advantage</i> Melalui <i>Corporate Credibility</i> (Studi Kasus: Lembaga Bimbingan Belajar di Makassar) | Rani Aulia Imran | Program Studi Teknik Industri, Jurusan Mesin, Fakultas Teknik - Universitas Hasanuddin |
| 32 | <i>The Utilization of Information and Communication Technology to Support Learning-Based Process of PDCA Quality ISO 9001: 2008 IWA2</i> | Barnard | Politeknik UBAYA |
| 33 | Evaluasi Kinerja Dosen dalam Proses Perkuliahan Berdasarkan Umpan Balik Mahasiswa (Studi kasus di Teknik Industri Trisakti) | Dedy Sugiarto, Iveline Anne Marie, Dadang Surjasa | Jurusan Teknik Industri - Universitas Trisakti |
| 34 | Analisis Tingkat Kepuasan Pengguna Jasa terhadap Pelayanan Perpustakaan X dengan Menggunakan Metode <i>Quality Function Deployment</i> | Lusia Permata Sari Hartanti, Debora Angelisa Putri Maharsi | Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri - Universitas Pelita Harapan Surabaya |
| 35 | Formulasi Model Sistem Pendukung Manajemen Penjaminan Ketersediaan dan Mutu Beras | Hendra Adiyatna | Program Studi Teknik Industri, STT Bina Tunggal |
| 36 | Usulan Perbaikan Kualitas Layanan Menggunakan Metode <i>Service Quality</i> | Dwi Novirani, Hendang Setyo R, Ali Muchtar | Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri - Institut Teknologi Nasional |
| 37 | Identifikasi dan Penentuan Spesifikasi Awal dalam Perancangan Ulang Fiksasi Eksterna dengan Proses Dinamisasi | Puti Ardra Chrysilla, Bagus Arthaya | Magister Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri - Universitas Katolik Parahyangan |
| 38 | Model Penerapan Program <i>Six Sigma</i> pada PT. X | Rico Agustian, Y.M Kinley Aritonang | Magister Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri - Universitas Katolik Parahyangan |
| 39 | Analisa Ukuran Kompetensi Dosen dan Pengaruhnya terhadap Kualitas Lulusan Perguruan Tinggi (Studi Kasus pada Kampus X Kota Bandung) | Gita Permata Liansari | Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri - Institut Teknologi Nasional |
| 40 | Konsep Andragogi dalam Transformasi Modal Intelektual Bidang Kualitas Produk | Asep Yunta Darma | Institut Teknologi dan Sains Bandung |
| 41 | Konsep Perangkat Lunak untuk <i>Internal Assessment Malcom Baldrige Criteria for Performance Excellence</i> | Cahyadi Nugraha, Sugih Arijanto, Aryadi Septerawan Prawira | Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri - Institut Teknologi Nasional |

Kelompok C

| No | Judul | Penulis | Instansi |
|----|---|---|--|
| 01 | Optimasi Rute Pendistribusian Premium di Provinsi Banten Menggunakan Metode <i>Savings</i> Algoritma | Ratna Ekawati, Asep Ridwan, Robby Salmon | Jurusan Teknik Industri - Universitas Sultan Ageng Tirtayasa |
| 02 | Usulan Re-Desain Kemasan Minuman "Fanta 250 ML" Menggunakan Metode <i>Quality Function Deployment</i> (QFD) dan <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP) | Resa Taruna Suhada, Niken Handayani | Program Studi Teknik Industri, Universitas Mercu Buana |
| 03 | Analisis Produktivitas Mesin <i>Temper Pass Mill</i> dengan Menggunakan Metode <i>Overall Equipment Effectiveness</i> dan <i>Root Cause Analysis</i> pada Pabrik <i>Cold Rolling Mill</i> PT. X | Kulsum | Jurusan Teknik Industri - Universitas Sultan Ageng Tirtayasa |
| 04 | Algoritma <i>Sequential Insertion</i> untuk Pemecahan Masalah Rute Kendaraan Heterogen Terbatas, Rute Majemuk, Pengiriman Terbagi dan Jendela Waktu | Winarno, Suprayogi | Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang |
| 05 | <i>Layout</i> Rak Penyimpanan <i>Coil</i> dengan Menggunakan Metode <i>Dedicated Storage</i> di Gudang <i>Finished Product & Distribution</i> | Evi Febianti, Lely Herlina, Prastyo Pratomo | Jurusan Teknik Industri - Universitas Sultan Ageng Tirtayasa |
| 06 | Perancangan Pemenuhan Permintaan Pasokan Gula Rafinasi dengan Metode <i>Wagner Within</i> | Hendy Tannady | Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi & Desain, Universitas Bunda Mulia |
| 07 | Penentuan Rute Kendaraan Heterogen dengan Memperhatikan Jendela Waktu dan Keterbatasan Penggunaan Jalan | Muhammad Nashir Ardiansyah | Jurusan Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Institut Teknologi Telkom |
| 08 | Model Penentuan Jaringan <i>Hub</i> dengan Tujuan Majemuk | Pratiwi, Suprayogi | Program Magister Teknik dan Manajemen Industri, Fakultas Teknologi Industri, Insititut Teknologi Bandung |
| 09 | Implementasi <i>SCM Metrics</i> dalam Pengukuran Kinerja Rantai Pasok Pendistribusian LPG Tertentu | Setijadi, Bambang Yasmadi | Jurusan Teknik Industri , Fakultas Teknik - Universitas Widyatama |
| 10 | Penentuan Rute Kendaraan untuk Distribusi Produk Sepatu Menggunakan Metode <i>Nearest Neighbor</i> | Susy Susanty, Ardjuna Perwira, Suprayogi | Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri - Institut Teknologi Nasional |
| 11 | Perancangan Sistem Antrian (<i>Net-Work Queueing</i>) Guna Meningkatkan Efektivitas Pelayanan (Studi Kasus Rumah Sakit Al-Islam Bandung) | Dadang Arifin, Arif Nurhakim | Program Studi Teknik Industri - Universitas Jenderal Achmad Yani |

Kelompok D

| No Wakalah | Judul | Penulis | Instansi |
|---------------|--|---|---|
| 21 | Perancangan Alat Ukur Tingkat Kesiapan Teknologi Produk Farmasi | Iwan Inrawan Wiratmadja, Fathiro Hutama Reksa Putra | Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Bandung |
| 22 | Pemilihan Strategi Kebijakan Pembinaan UMKM di Dinas KUMKM dan Perdagangan Provinsi DKI Jakarta dengan Metode AHP dan TOPSIS | Dino Caesaron, Leksani B. R | Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi & Desain, Universitas Bunda Mulia |
| 23 | Analisis Tingkat Kepentingan Atribut Kemasan Produk Makanan <i>Take Out</i> dengan Menggunakan Analisis Multivariat | Dyah Lestari Widaningrum | Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Bina Nusantara University |
| 24 | Penerapan <i>Technology Acceptance Model</i> (TAM) dalam Pengambilan Keputusan Pekerja di Kota Bandung untuk Membeli dan Menggunakan Sepeda Motor | Ima Ratnasari, Oktri Mohammad Firdaus | Jurusan Teknik Industri , Fakultas Teknik - Universitas Widyatama |
| 25 | <i>The Effect of Objective Pricing Tactic Persuasion Knowledge, Experience with Pricing Tactics and Age, on Carrefour Customer's Subjective Pricing Tactic Persuasion Knowledge</i> | Lucky Paohanto, Silvia Margaretha, Dudi Anandya | Jurusan Manajemen Fakultas Bisnis & Ekonomika, Universitas Surabaya |
| 26 | Identifikasi Kebutuhan Insan Pasca Stroke akan Sistem Terapi Okupasi yang Mandiri, Interaktif, dan Berbasis Teknologi Terjangkau | Marina Kautsar, Catharina Badra Nawangpalupi, Johanna Renny Octavia Hariandja | Magister Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri - Universitas Katolik Parahyangan |
| 27 | Penentuan <i>Technical Requirements</i> untuk Strategi Pengembangan dan Program Pengembangan pada Rancangan <i>Roadmap</i> Jasa Telekomunikasi di Era Konvergensi Periode 2013 – 2016 Menggunakan <i>Quality Function Deployment</i> (QFD) | Muhammad Iqbal, Rd. Rohmat Saedduddin, M. Teguh Kurniawan, Efa Maydhona, Helni Mutiarsih | Institut Teknologi Telkom |
| 28 | Pengembangan Model <i>Knowledge Sharing</i> pada Telkom Corporate University | Novi Kumala Sari, Iwan Inrawan Wiratmadja | Program Magister Teknik dan Manajemen Industri - Institut Teknologi Bandung |
| 29 | Pengembangan Model Sumber-sumber Inovasi dan Pengaruhnya terhadap Kapabilitas Inovasi Perusahaan Studi Kasus Industri Kecil dan Menengah Tekstil dan Produk Tekstil di Kabupaten Bandung Timur | R. Raissa Eristina, Iwan Inrawan Wiratmadja | Program Magister Teknik dan Manajemen Industri - Institut Teknologi Bandung |
| 30 | Usulan Strategi Pemasaran Industri Kreatif Produk Distro Menggunakan <i>Quantitative Strategic Planning Matrix</i> (QSPM) | Rizki Wahyuniardi, Bram Andryanto, Astri Muharani | Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik - Universitas Pasundan |
| 31 | Peningkatan Kompetensi Pegawai Administrasi Itenas Berdasarkan Prioritas Kesenjangan Kompetensi | Yoanita Yuniati, Abu Bakar, Sugih Arijanto | Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri - Institut Teknologi Nasional |

Kelompok E

| Kode Wakalah | Judul | Penulis | Instansi |
|-----------------|--|--|---|
| III | Rancangan Perbaikan Proses Produksi pada Closet Tipe CW 660j dengan Menggunakan Konsep Lean | Lely Herlina, Evi Febianti, Ridwan Mawardi | Jurusan Teknik Industri - Universitas Sultan Ageng Tirtayasa |
| IV | Optimisasi Overhaul-Penggantian Mesin Reparabel yang Dioperasikan pada Perioda Perencanaan Terbatas | Kusmaningrum Sumadi, Bermawi P. Iskandar, Harsono Taroepratjeka | Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri - Institut Teknologi Nasional |
| V | Desain Ulang Alat Pembelah Buah Pinang yang Ergonomis Berdasarkan Data Antropometri (Studi Kasus di Desa Kayu Raja – Inhil) | Anwardi, Sahria | Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Islam Indragiri – Tembilahan |
| VI | Evaluasi Paparan Panas pada Kabin Lokomotif Kereta di Daerah Operasional II Bandung | Caecilia Sri Wahyuning | Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri - Institut Teknologi Nasional |
| VII | Penerapan Metode 5S dalam Upaya Penghematan Waktu Kerja | Heru Winarno, Fanni Desiyanto | Fakultas Teknik Industri Universitas Tulang Bawang Lampung |
| VIII | Model Optimisasi Perawatan Pahat dengan Mempertimbangkan Faktor yang Mempengaruhi Umurnya | Fifi Herni Mustofa, Hendro Prassetiyo, Revina Astriyanti Rahmi | Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri - Institut Teknologi Nasional |
| IX | Analisis Pengukuran Beban Kerja Operator Mesin Press dengan Menggunakan Metoda Modified Cooper Harper Scale | M. Yani Syafe'i, Rizki Wahyuniardi | Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik - Universitas Pasundan |
| X | Rancangan Usulan Pengurangan Lead Time pada Proses Produksi dengan Metode Lean Manufacturing (Studi Kasus pada PD. Irma Jaya Rubber) | Ambar Rukmi Harsono, Arie Desrianty, Yoga Saputra | Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri - Institut Teknologi Nasional |
| XI | Perbaikan Proses Produksi Menggunakan Konsep Lean Manufacturing di PT. X | Achmad Bahauddin, Ratna Ekawati, Muhammad Noviannum Prajaka | Jurusan Teknik Industri - Universitas Sultan Ageng Tirtayasa |
| XII | Tingkat Kewaspadaan dan Perilaku Pengemudi Angkutan Kota Berdasarkan Karakteristik Jarak Tempuh Trayek Menggunakan Metode QUASA dan Driver Behaviour Questionnaire | Asterina Febrianti, Arie Desrianty, Yuniar | Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri - Institut Teknologi Nasional |
| XIII | Model Optimisasi Peningkatan Reliabilitas Produk Multikomponen yang Dijual dengan Garansi Dua Dimensi | Yanti Helianty, Rezi Firmsari, Hendro Prassetiyo | Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri - Institut Teknologi Nasional |

EVALUASI PAPARAN PANAS PADA KABIN LOKOMOTIF KERETA DI DAERAH OPERASIONAL II BANDUNG

Caecilia Sri Wahyuning

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional
Jl. P.H.H. Mustofa No 23 Bandung
Telepon (022) 7272215 ekst 137
E-mail : caecil@itenas.ac.id

Abstrak

Lingkungan/ iklim kerja merupakan salah satu faktor pemicu stres kerja, hal ini tertuang dalam Generic Job Stress Questionnaire, yang dikembangkan oleh National Institute for Occupational safety and Health (NIOSH). Seorang masinis dalam menjalankan dinasan pada dasarnya memiliki beban mental yang cukup tinggi, mengingat masinis harus berkonsentrasi penuh selama mengendalikan kereta. Berdasarkan penelusuran dengan Generic Job Stress Questionnaire, lingkungan di kabin lokomotif merupakan faktor yang paling berkontribusi terhadap stres masinis. Penelitian ini dilakukan untuk melihat dampak kondisi lingkungan kabin lokomotif, yang dilihat dari temperatur dan indeks WBGT (Wet Bulb Globe Temperatur), terhadap kondisi fisik masinis yang dilihat dari denyut jantung, yang diukur selama menjalankan dinasan. Terdapat perbedaan rata-rata indeks WBGT antara kereta yang menuju Bandung ($26.5^{\circ}\text{C} \pm 1.37^{\circ}\text{C}$) dan meninggalkan Bandung ($24.2^{\circ}\text{C} \pm 1.497^{\circ}\text{C}$). Hal ini menunjukkan bahwa masinis terpapar panas tinggi pada saat menjalankan dinasan menuju Gambir maupun Banjar.

Kata Kunci : Indeks WBGT, temperatur, denyut jantung.

Pendahuluan

Kelelahan adalah masalah serius bagi industri kereta api, yang dapat berdampak pada peningkatan inefisiensi dan risiko kecelakaan (Dorrian et al., 2007). Secara fisiologis sumber kesalahan adalah pada lingkungan kerja (Ray et al., 2006). Berdasarkan hasil pengukuran stres kerja pada masinis di Daerah Operasional (DaOp) II Bandung, diperoleh bahwa lingkungan fisik, dalam hal ini adalah kabin lokomotif, memiliki kontribusi yang cukup besar terhadap stres para masinis, mengingat kondisi lokomotif kereta api di Indonesia jauh dari kondisi nyaman bagi para masinis (Wahyuning & Desriyanti, 2011). Dalam menghadapi lingkungan, masinis akan terpapar panas dan suara, yang disebabkan pengkondisian lokomotif untuk menghasilkan lingkungan yang nyaman belum terpenuhi. Hampir sebagian besar sistem pendingin pada kabin lokomotif tidak dapat beroperasi, sehingga suhu di kabin lokomotif cukup panas. Biasanya untuk meningkatkan kenyamanan masinis mengandalkan kipas angin atau membuka jendela lokomotif, akan tetapi tindakan membuka jendela lokomotif berdampak peningkatan kebisingan yang berpengaruh terhadap kemampuan mendengar dan berkonsentrasi. Kondisi ini mempengaruhi pada kinerja masinis, di mana masinis dalam menjalankan dinasan (istilah tugas masinis untuk menjalankan kereta api) memiliki tuntutan beban mental yang cukup tinggi. Tuntutan mental tersebut adalah tuntutan untuk berkonsentrasi yang tinggi selama dinasan, sehingga dapat meminimasi kemungkinan terjadi kecelakaan yang diakibatkan kesalahan dalam pengambilan keputusan.

Penelitian dilakukan terhadap lingkungan kabin lokomotif kereta api, untuk melihat paparan panas yang terjadi di lokomotif, serta pengaruhnya terhadap kondisi fisik masinis selama menjalankan kereta api tersebut. Mengingat tekanan suhu panas dapat mempengaruhi kondisi fisiologis dan berdampak pada laju kelelahan yang lebih cepat, maka penelitian ini akan memberikan gambaran mengenai kondisi lingkungan kabin lokomotif kereta api di Indonesia. Hasil dari penelitian ini dapat dijadikan rujukan bagi pihak dirjen perhubungan darat dan dirjen perkeretaapian dalam meningkatkan kinerjanya, terutama dalam menurunkan angka kecelakaan yang disebabkan oleh masinis (*human error*).

Lingkungan kerja yang panas dapat menyebabkan pengeluaran keringat yang berlebihan sehingga tubuh menjadi kekurangan cairan dan garam-garaman. Hal ini dapat mengakibatkan

tubuh menjadi lemas, kinerja fisik menjadi turun, dan sakit kepala. Lebih lanjut, pekerja dapat terserang stroke karena suhu tubuh yang terus bertambah, yang disebabkan oleh kerusakan fungsi pengaturan keseimbangan temperatur tubuh. Selain itu, kekurangan cairan dapat mengakibatkan rasa pusing, pingsan, dan kram (Bernard et al., 1994).

Kondisi lingkungan kerja yang panas dapat berakibat buruk terhadap kesehatan pekerja. Astrand et al., (2006) menyebutkan bahwa paparan panas, baik secara terus menerus maupun hanya sesaat, dapat menyebabkan tubuh menjadi lemas karena kekurangan cairan, hingga hilangnya kesadaran karena kerusakan sebagian otak yang berfungsi sebagai pengatur suhu tubuh. Lebih jauh lagi, kondisi panas dapat mengurangi kemampuan persepsi motorik pekerja, bila terpapar pada suhu sekitar 30°C-33°C WBGT, tanpa tergantung dari seberapa lama pekerja tersebut terpapar panas (Ramsey dan Kwon, 1992).

Indikator yang digunakan untuk mengukur beban paparan panas di lingkungan kerja adalah *Wet Bulb Globe Temperature* (WBGT), yaitu sebuah indeks dengan parameter nilai suhu udara, kelembaban, aliran udara, dan radiasi panas. Penggunaan WBGT sebagai alat ukur beban paparan panas direkomendasikan berdasarkan ISO 1982, NIOSH 1986, ACGIH 1986 (Ramsey dan Kwon, 1992).

Resiko pada lingkungan kerja panas, dapat dinilai berdasarkan standar ACGIH (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*). Besarnya resiko tergantung dari beban paparan panas, lamanya terpapar panas yang dapat diketahui dari jadwal (proporsi) kerja dan istirahat dan kondisi aklimatisasi operator, serta pakaian kerja yang digunakan. Tabel Nilai Ambang Batas Paparan Panas ACGIH ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Ambang Batas Paparan Panas (ACGIH, 2005)

| Work demand | Workload | | | | | | | |
|--------------------|--------------|----------|-------|------------|----------------|----------|-------|------------|
| | Acclimatized | | | | Unacclimatized | | | |
| | Light | Moderate | Heavy | Very heavy | Light | Moderate | Heavy | Very heavy |
| 100% work | 29.5 | 27.5 | 26 | - | 27.5 | 25 | 22.5 | - |
| 75% work, 25% rest | 30.5 | 28.5 | 27.5 | - | 29 | 26.5 | 24.5 | - |
| 50% work, 50% rest | 31.5 | 29.5 | 28.5 | 27.5 | 30 | 28 | 26.5 | 25 |
| 25% work, 75% rest | 32.5 | 31 | 30 | 29.5 | 31 | 29 | 28 | 26.5 |

Beban panas dipengaruhi oleh pakaian yang dikenakan. Oleh karena itu, faktor koreksi pakaian dipertimbangkan dalam pengukuran paparan panas.

Tabel 2. Faktor Koreksi Pakaian (ACGIH, 2005)

| Tipe pakaian | Penambahan WBGT (°C) |
|---------------------------------|----------------------|
| Summer work uniform | 0 |
| Cloth (woven material) overalls | +3.5 |
| Double-cloth overalls | +5 |

Nilai ambang batas yang digunakan oleh ACGIH dipengaruhi oleh beban kerja dari operator. Beban kerja yang dialami oleh operator dapat diketahui dengan melakukan pengukuran beban kerja secara obyektif. Pengukuran secara objektif ini dilakukan dengan mengukur denyut jantung pada saat berada dalam kondisi terpapar panas.

Tabel 3. Klasifikasi Beban kerja Berdasarkan Denyut Jantung

| Workload | Energy expenditure (cal/min) | HR during work (beats/min) |
|------------|------------------------------|----------------------------|
| Light | 2.5-5.0 | 60-100 |
| Moderate | 5.0-7.5 | 100-125 |
| Heavy | 7.5-10.0 | 125-150 |
| Very heavy | 10.0-12.5 | 150-175 |

Sumber: Brouha dalam Kroemer et al., 1994

Yamamoto et al. (2007) mengkaji penggunaan *Heart Rate Variability* (HRV) dan katekolamin dalam urin untuk mengindikasi efek dari *heat stress*, dari penelitian ini ditemukan bahwa paparan panas (WBGT 35°C) memicu aktivasi sistem saraf simpatetik. Bersamaan dengan temuan itu terdapat perubahan denyut jantung, suhu tubuh, dan gejala-gejala subyektif, dengan kata lain bahwa HRV dan katekolamin dalam urin merupakan indikasi obyektif dari paparan panas.

Metodologi Penelitian

Penelitian dilakukan terhadap 10 perjalanan dinasan masinis dari dan ke DaOp II Bandung, baik dinasan pagi, siang, maupun malam. Semua masinis yang menjalani dinasan tersebut telah memiliki pengalaman lebih dari 1 tahun, sehingga dapat diasumsikan bahwa operator telah teraklimatisasi.

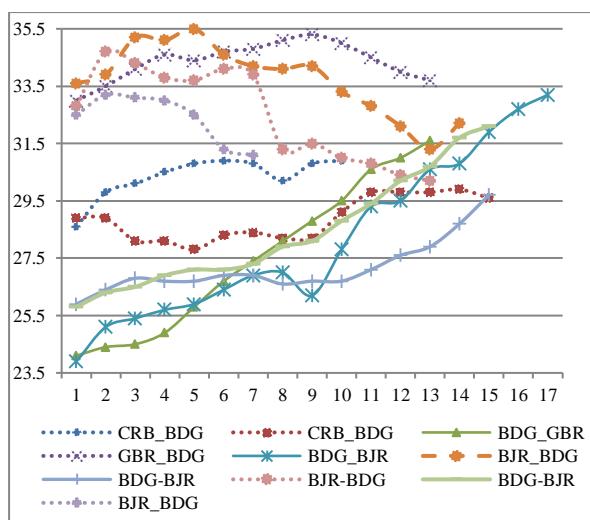
Alat-alat yang digunakan untuk mendukung penelitian ini adalah;

- Alat ukur Heat Stress WBGT, yang digunakan untuk mengukur kondisi lingkungan kabin lokomotif.
- Thermometer & Higrometer digital untuk mengukur kelembaban di kabin lokomotif
- PolarTM, Polar Oy, Germany, untuk mengukur laju denyut jantung selama menjalankan dinasan

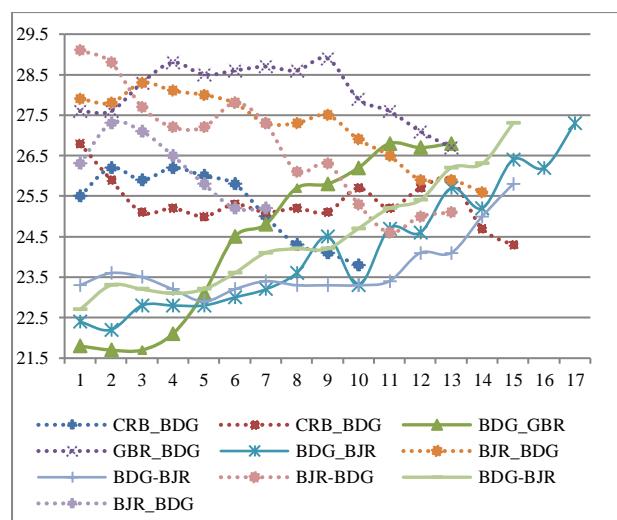
Setting wireless heart rate monitor dan pemasangan *transmitter belt* pada tubuh masinis dilakukan sebelum menjalankan dinasan, dan proses pengukuran dilakukan selama menjalankan kereta api sebanyak 10 dinasan.

Hasil Pengukuran & Pembahasan

Hasil dari pengumpulan data temperatur dan indeks WBGT pada kabin kereta digambarkan pada Gambar 1 yang menunjukkan perubahan temperatur dan indeks WBGT selama pengamatan dalam dinasan, sedangkan Tabel 4. Menunjukkan rata-rata temperature dan indeks WBT dari hasil pengamatan tersebut.



Gambar 1. Temperatur Kabin Lokomotif



Gambar 2. Indeks WBGT Kabin Lokomotif

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan temperatur untuk kereta yang keluar dari kota Bandung dengan Tujuan Jakarta (Gambir)/ BDG-GBR dan Banjar/ BDG-BJR, dan sebaliknya kereta yang menuju Bandung temperatur dan suhunya cenderung mengalami penurunan. Sedangkan kereta dari Cirebon menuju Bandung/ CRB-BDG memiliki kecenderungan konstan karena kereta ini jalan pada pukul 02.00 – 06.00

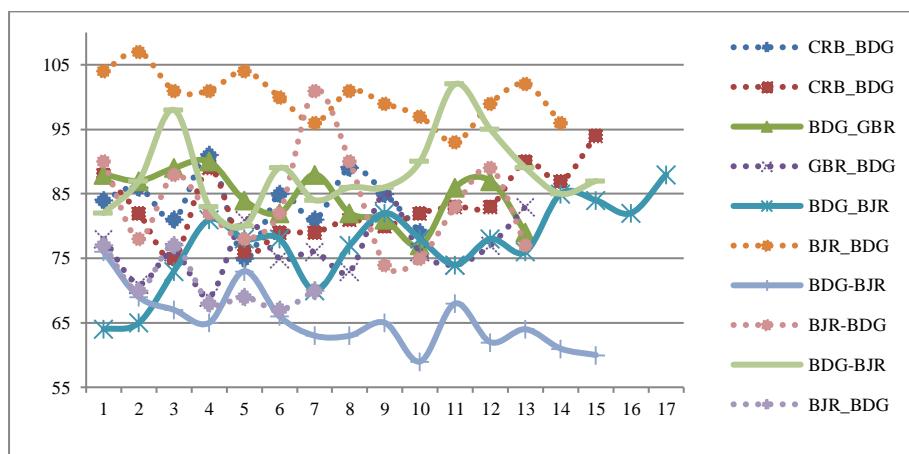
Tabel 4. Rata-rata Temperature dan Indeks WBGT Kabin Lokomotif

| Rute Lokomotif & jam dinasan | Temperatur (°C) | Indeks WBGT (°C) | No. Lokomotif & Rute | Temperatur (°C) | Indeks WBGT (°C) |
|------------------------------|-----------------|------------------|------------------------------|-----------------|------------------|
| 1. CRB-BDG 01:45 - 06:00 | 30.34 | 25.28 | 2. CRB-BDG 02:00 - 06:00 | 28.86 | 25.35 |
| 3. BDG-GBR 07:15 - 10:30 | 27.49 | 24.44 | 4. GBR-BDG 11:00 - 14:00 | 34.36 | 28.07 |
| 5. BDG-BJR 07:00 - 11:00 | 28.14 | 24.16 | 6. BJR-BDG 12:30 - 16:00 | 31.47 | 27.20 |
| 7. BDG-BJR 07:00 - 11:30 | 27.15 | 23.69 | 8. BJR-BDG 12:30 - 15:30 | 32.50 | 26.73 |
| 9. BDG-BJR 07:00 - 10:45 | 28.39 | 24.45 | 10. BJR-BDG 12:30 - 16:30 | 32.39 | 26.20 |

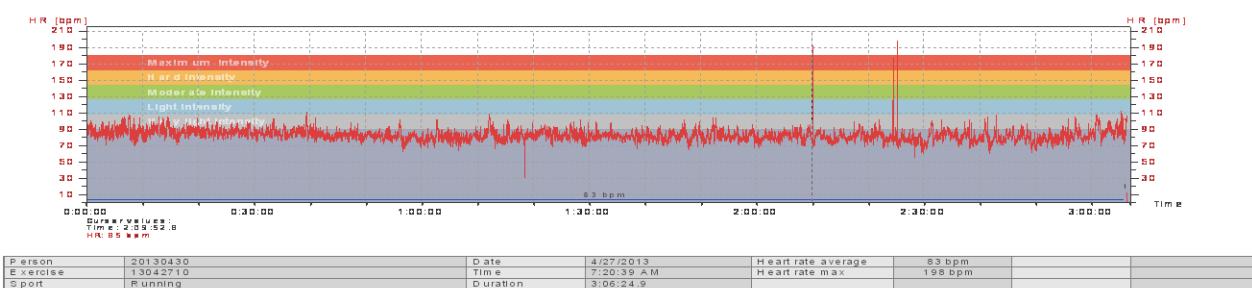
Rata-rata temperatur dari seluruh kabin lokomotif adalah 30.10 °C. Temperatur pada saat keberangkatan dari Gambir dan Banjar cenderung tinggi, di atas 30°C dan pada beberapa perjalanan mengalami penurunan pada saat mendekati Bandung, demikian sebaliknya, akan tetapi jarang suhu melebihi 30°C. Namun demikian kondisi ini tidak terjadi pada rute Cirebon-Bandung.

Rata-rata indeks WBGT dari seluruh kabin lokomotif adalah 25.46°C. Bila melihat acuan Nilai Ambang batas Paparan Panas (ACGIH) pada Tabel 1., dengan *work demand* 100% karena masinis tidak beristirahat selama dinasan & di asumsikan masinis sudah teraklimatisasi, maka beban kerja masinis dengan nilai rata-rata indeks WBGT 25.46°C masuk dalam kategori berat (*heavy*). Demikian pula bila melihat pada nilai indeks WBG untuk setiap lokomotif.

Gambar 2 berikut ini adalah hasil pengamatan terhadap denyut jantung bersamaan dengan pengamatan terhadap lingkungan kabin lokomotif. Sedangkan denyut jantung selama dinasan digambarkan seperti pada Gambar 3., yang menggambarkan denyut jantung salah satu masinis.



Gambar 3. Denyut Jantung Berdasarkan Pengamatan di Kabin Lokomotif



Gambar 4. Laju Detak Jantung Masinis selama 3:06:24.9 jam

Rata-rata denyut jantung dari seluruh masinis adalah 81.67 beats/min , dan bila mengacu pada klasifikasi beban kerja berdasarkan denyut jantung (Tabel 3), maka tugas masinis selama menjalankan dinasan cenderung ringan, berada dikisaran $60\text{-}100 \text{ beats/ min}$. Kondisi ini mengindikasikan bahwa masinis sudah teraklimatisasi. Hal ini dapat disebabkan oleh proses aklimatisasi yang baik dari masinis, sehingga masinis telah terbiasa terhadap paparan panas. Setelah aklimatisasi tercapai maka masinis akan memiliki kemampuan yang lebih baik untuk bekerja di lingkungan kerja panas. Menurut Ramsey dan Kwon (1992), lama adaptasi dapat dicapai 5-7 hari dan aklimatisasi menjadi maksimal setelah 12-14 hari.

Sebagai contoh, pada rekaman denyut jantung salah satu masinis selama dinasan (Gambar 4), maka terlihat bahwa terdapat peningkatan denyut jantung pada saat-saat tertentu. Peningkatan tersebut secara lebih detail dapat dilihat pada gambar 5.



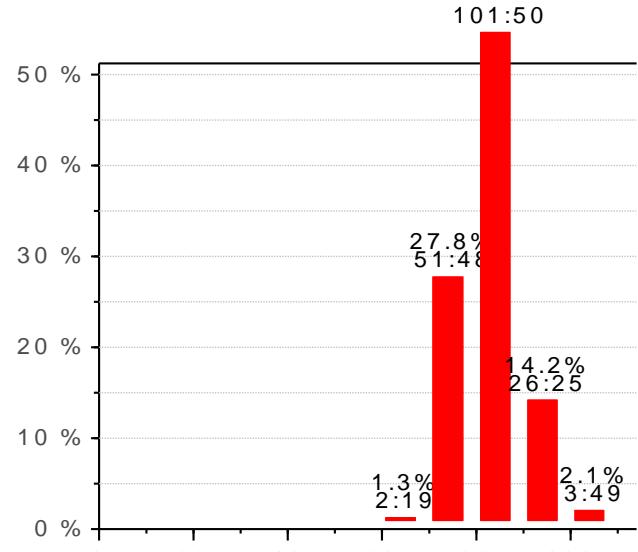
Gambar 5. Peningkatan Denyut Jantung antara jam ke 2:06:00 sampai dengan 2:28:00

Puncak denyut jantung tersebut terjadi pada jam ke 2:10:05.7 (193 beats/ min), 2:24:27.7 (177 beats/ min), dan 2:25:13.9 (198 beats/ min). Jika melihat pada lembar pengambatan, maka pada jam tersebut, kecepatan kereta berada pada 63.2 km/ jam , jalan lurus, dan berkali-kali masinis membunyikan klakson panjang. Biasanya kondisi ini terjadi bila banyak halangan di depan kereta, seperti lintasan sebidang, penyebrang, pejalan kaki, dan sebagainya.

Secara distribusi dapat dilihat bahwa 97.9% dari waktu dinasan masinis terebut denyut jantung masinis tersebut berada di antara $60\text{-}100 \text{ beats/ min}$ (gambar 6). Sehingga dapat membuktikan bahwa beban kerja masinis berada pada taraf ringan.

Berdasarkan lingkungan kerja fisik kabin lokomotif, beban kerja masinis dikategorikan sebagai beban kerja berat namun tidak berdampak terhadap kondisi fisik masinis. Akan tetapi, berdasarkan penelusuran dan penilaian secara subyektif terhadap tingkat stres pada masinis, disimpulkan bahwa lingkungan menjadi salah satu penyebab stres masinis. Sehingga berdasarkan kajian ini diketahui bahwa pengukuran secara subyektif belum sepenuhnya memberikan penilaian secara akurat, sehingga perlu dilakukan pengukuran secara obyektif yang dapat melengkapi dan mengarah pada keakuratan penilaian terhadap suatu kondisi.

Oleh karena itu, perlu dikaji faktor pemicu stres yang lain, yaitu tuntutan mental dan beban kerja masinis. Tuntutan mental yang terjadi pada masinis dan pengemudi adalah bahwa



Gambar 6. Distribusi Denyut Jantung Selama Dinasan

diperlukannya konsentrasi dan kemampuan mengingat yang tinggi selama bekerja. Secara mendasar ada 3 macam tipe *human error* kesalahan, yaitu: *skill based errors* (*slip* dan *lapses*), *rule based errors*, dan *knowledge based errors* (Reason, 1990). Sedangkan beban kerja merupakan tuntutan terhadap masinis untuk memiliki tanggung jawab yang sangat besar terhadap keselamatan, keamanan, kepuasan, dan kenyamanan penumpang. Beban lainnya adalah tugas masinis membawa kereta dengan kecepatan tertentu agar tiba di tujuan tepat waktu, dan pada umumnya masinis memiliki tanggungjawab pula terhadap lokomotif yang dibawa. Dari kajian tersebut dapat ditelusuri sumber pemicu stres secara lebih mendalam dan ditetapkan strategi intervensi yang tepat sasaran. Harapan dari kajian ini adalah meminimasi pemicu stres, sehingga dapat mengurangi potensi kecelakaan yang disebabkan oleh *human error* akibat stres.

Kesimpulan

Berdasarkan standar ACGIH, masinis di lingkungan DaOp II Bandung terpapar panas yang tinggi (23.69°C s/d 28.07°C), sehingga dapat dikategorikan sebagai beban kerja yang berat akibat paparan panas di kabin lokomotif, masinis memiliki beban kerja yang berat. Akan tetapi karena masinis telah teraklimatisasi dengan lingkungan tersebut, maka berdasarkan laju denyut yang diukur selama menjalankan dinasan, beban kerja masinis dikategorikan sebagai beban kerja ringan (*light*).

Meskipun terdapat resiko paparan panas di kabin lokomotif, namun masinis tidak mengalami penyakit akibat paparan panas, karena (1) aktivitas kerja fisik masinis tergolong dalam pekerjaan ringan, (2) waktu paparan panas yang relatif singkat selama dinasan, dan (3) operator sudah teraklimatisasi dengan kondisi lingkungan yang panas. Selain itu kondisi lokomotif tetap memerlukan perbaikan baik tata letak display sistem kendali, postur kerja maupun lingkungannya.

Daftar Pustaka

- [1] American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), 2005
- [2] Astrand, P.-O. and K. Rodahl, 2006, *Textbook of Work Physiology*, New York, USA, McGraw-Hill Company.
- [3] Bernard, T.E, Dukes-Dobos, F.N., Ramsey, J.D, 1994, Evaluation and Control of Hot Working Environments: Part II - The Scientific Basis (Knowledge Base) for the Guide, *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol. 14, pp. 129-138.
- [4] Dorrian, J., Roach, G. D., Fletcher, A., dan Dawson, D., 2007, Simulated Train Driving: Fatigue, Self-Awareness and Cognitive Disengagement. *Journal of Applied Ergonomics*. 38, 155-166
- [5] Kroemer, K. H. E., H. J. Kroemer and K. E. Kroemer-Elbert, 1994, *Ergonomics; How to Design for Easy and Efficiency*, Prentice Hall, Englewood.
- [6] Ramsey, J.D., dan Kwon, Y.G., 1992, Recommended alert limits for perceptual motor loss in hot environments, *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol. 9, pp. 245-257
- [7] Ray M.R., Basu, C., Roychoudhury, S., Banik, S., dan Lahiri, T., 2006, Plasma Cathecolamine Levels and Neurobehavioral Problems in Indian Firefighters. *Journal of Occupational Health*, 48, 210-215.
- [8] Reason, J., 1990, *Human Error*. Cambridge University Press, Cambridge. <http://books.google.co.id/books>
- [9] Wahyuning, C.S. dan Desriyanti, A., 2011, *Tingkat Stres Kerja Pada Pengendara Moda Transportasi Darat dan Kereta Api*. Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat – Itenas. Laporan Penelitian
- [10] Yamamoto S., Iwamoto, M., Inoue, M., & Harada N., 2007, Evaluation of the Effect of Heat Exposure on the Autonomic Nervous System by Heart Variability and Urinary Cathecolamines. *Journal of Occupational Health*, 49, 199-204.