



**SEMINAR NASIONAL  
MESIN DAN INDUSTRI  
(SNMI4) 2008**

**Auditorium Gedung Utama  
Universitas Tarumanagara  
28 Agustus 2008**

**RISET APLIKATIF  
BIDANG TEKNIK MESIN DAN INDUSTRI**



**Diselenggarakan oleh :  
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Tarumanagara  
Jakarta**



## DAFTAR ISI

Kata Pengantar	ii
Daftar Isi	iii
Susunan Panitia	viii
Susunan Acara	x
Jadual Presentasi	xi

### Makalah Pembicara Kunci

1. Peluang dan Tantangan Pengembangan Komposit Serat Alam di Indonesia, <i>Prof. Ir. Jamasri, PhD</i> (Universitas Gadjah Mada, UGM)	1
2. Industrial Engineering Roadmap : Return To Work for Enhancing Productivity, <i>Ir. Sritomo Wignjosoebroto, M.Sc</i> (Institut Teknologi Sepuluh Nopember, ITS)	15
3. Toyota Production System & Lean Operations: A Key Strategy to Business Competitiveness, <i>Ir. I Made Dana M Tangkas</i> , (PT Toyota Motor Manufacturing Indonesia, TMMIN)	25

### Makalah Bidang Teknik Mesin

4. Peningkatan Ketangguhan Sambungan Las GMAW (Gas Metal Arc Welding) Dengan Proses PWHT (Post Weld Heat Treatment), <i>Yustiasih Purwaningrum</i> .	33
5. Optimasi Proses Tempering Baja AISI 4140 Untuk Peningkatan Sifat Mekanik Roller Cyclo Speed Reducer, <i>Willyanto Anggono, Ian Haráianto Siahaan dan Agung Dwi Cahyono</i>	39
6. Pengujian Distorsi Material AISI 3215 Yang Dilaku Panas Karburasi Padat Untuk Material Roda Gigi, <i>Muslimin</i>	47
7. Studi Ketahanan Korosi Pada Baling-Baling Kapal Motor Nelayan Dalam Lingkungan Air Laut, <i>Hendri Hestiawan</i> .	55
8. Studi Pengaruh Proses Aging Terhadap Kekuatan Mekanis Coran Daur Ulang Scrap Piston, <i>Hendri Hestiawan, Dedi Suryadi</i> .	61
9. Peranan Tepung Jagung dan Tepung Tapioka Dalam Pembuatan Keramik Alumina Berpori Dengan Proses Slip Casting, <i>Soejono Tjitro, Juliana Anggono, Dian Perdana</i> .	67
10. Ragam Vibrasi Ikatan C-H Pada Diamond-Like Carbon Yang Dideposisikan Dengan Menggunakan Reaktor Plasma CVD, <i>Putut Marwoto</i> .	73
11. Nano Struktur Bahan Sensitif SNO <sub>2</sub> Pada Sensor Gas CO Untuk Memantau Gas Buang Kendaraan Bermotor, <i>Aminuddin Debataraja, Latif Mawardi, I Wayan Sukania</i> .	79
12. Analisis Kerusakan Pipa Pada Water Tube Boiler, <i>Niki P. Slamet, Erwin Siahaan</i>	87
13. Pengaruh Ketebalan Spesimen Terhadap Mekanisme Retak Mode I Pada Composite Glass/Epoxi, <i>Jamiatul Akmal, Satryo Sumantri Brodjonegoro</i>	95
14. Studi Perbandingan Perhitungan Hasil Besar Butir Struktur Mikro Dengan Metode Jeffries dan Metode Heyne pada Baja Karbon, <i>Dyfan Gidie Kaonang, Sofyan Djamil</i>	101
15. Analisis Perbandingan Unjuk Kerja Refrigerator Kapasitas 2 PK dengan Refrigeran R-12 Dan MC 12, <i>Suroso, I Wayan Sukania, Ian Mariano</i>	107
16. Menurunkan Emisi Hidrokarbon Dari Sisa Pembakaran Mesin Otto Satu Silender, <i>Abrar Riza</i>	117
17. Kinerja Mesin Refrigerasi Hibrida Menggunakan Refrigeran Hidrokarbon Substitusi	



R-12 Terhadap Perubahan Suhu Pada Siklus Sekunder dan Siklus Primer, <i>Azridjal Aziz</i>	121
18. Unjuk Kerja Mesin Refrigerasi Siklus Kompresi Uap Terhadap Massa Refrigeran Hibrida Menggunakan Refrigeran R22, <i>Azridjal Aziz</i>	129
19. Pengaruh Pemakaian Intercooler Pada Sistem Refrigerasi Kompresi Uap, <i>Asrul Aziz</i>	137
20. Listrik Energi Surya 3000VA, 8A, 3X220V, 50HZ, Dengan Changeover Switch Berbasis PLC Mitsubishi FX0-20MR-ES, <i>Suprpto Widodo, Nurman</i>	143
21. Studi Karakteristik Perpindahan Kalor Aliran Terkondensasi Pada Pelat Rata Vertikal, <i>Zuryati Djafar, Wahyu H. Piarah</i>	151
22. Mekanisme Konversi Energi Matahari Menjadi Energi Listrik Untuk Pengadaan Energi Rumah Tangga, <i>Achmad Bachris Sati, Aminuddin</i>	159
23. Audit Energi Dalam Rangka Optimalisasi Performansi PLTU No. 4 Unit Pembangkitan Gresik, PT Pembangkitan Jawa - Bali, <i>Wawan Sugeng S., Djatmiko Ichsani</i>	165
24. Rancang Bangun dan Analisis Pengujian Prototipe Mesin Pendingin Joule-Thomson Temperatur Rendah Menggunakan Mixed Refrigerant, <i>Sumeru, Tandi Sutandi</i>	173
25. Perbandingan Desain Nosel MLN Supersonik 2-Dimensi Pada Beberapa Temperatur Kerja, <i>Bagus H. Jihad, Dedi Priadi, Tresna P. Soemardi, Eddy S. Siradj</i>	181
26. Desain Divergen Nosel Supersonik 2-Dimensi Menggunakan Moc, <i>Bagus H. Jihad, Dedi Priadi, Tresna P. Soemardi Dan Eddy S. Siradj</i>	189
27. Analisis Fenomena Overexpansion Dan Underexpansion Nosel Roket Berdiameter 150 mm, <i>Sofyan, Bagus Hayatul Jihad</i>	195
28. Analisis Rugi Gaya Dorong Nosel Sebagai Efek Ketinggian, <i>Sofyan, Bagus Hayatul Jihad</i>	201
29. Peningkatan Umur Bearing Pada Pompa Centrifugal Dengan Optimalisasi Penggunaan Angular Contact Ball Bearing, <i>Willyanto Anggono, Ian Hardianto Siahaan</i>	207
30. Penentuan Region Skid-Non Skid (2WS) Type Model Kendaraan Rear Wheel Drive (RWD), <i>Ian Hardianto Siahaan, Willyanto Anggono</i>	215
31. Karoseri Mobil Mini Untuk Kebutuhan Rancangan Riset Inovasi Mobil Mini Nasional Melalui Segmen Pasar Mahasiswa Teknik Mesin UK. Petra Surabaya, <i>Ian Hardianto Siahaan dan Willyanto Anggono</i>	221
32. Hubungan Pertambahan Panjang Bodi dan Peningkatan Daya Mesin Dengan Kapasitas Angkut Bus Mercedes Benz di Indonesia, <i>Tono Sukarnoto</i>	229
33. Analisa Kinematika Gerakan Belok Akibat Pengaruh Dynamic Centre Of Gravity (Cog) dan Panjang Wheelbase (L) Menentukan Sudut Side Slip (B) Dan Hubungannya Terhadap Stabilitas Kendaraan, <i>Ninuk Jonoadji, Ian Hardianto Siahaan</i>	235
34. Perancangan Sistem Pneumatic Conveyor, <i>Dedi Suryadi, Hendri Hestiawan</i>	241
35. Pengaruh Keterbatasan Waktu Rekam Terhadap Kesalahan Magnitud Fungsi Respon Frekuensi (FRF) pada Sistem Getaran Dua Derajat Kebebasan, <i>Dedi Suryadi</i>	249
36. Perancangan Tungku Krusibel Kapasitas 20 Kg Berbahan Bakar Gas Elpiji Untuk Industri Peleburan Aluminium Skala Kecil Menengah (IKM), <i>Muslimin, Heri Sonawan</i>	257
37. Pengembangan Alat Uji Reaksi Tumpuan Sebagai Modul Pembelajaran Statika Struktur, <i>Agustinus Purna Irawan</i>	265
38. Pengembangan Prototipe Radio Transmitter UHF Untuk Sistem Radar Sekunder Tracking Roket, <i>Wahyu Widada, Sri Kliwati</i>	269
39. Sistem Pengukuran Vibrasi Roket Saat Terbang Secara Realtime Menggunakan Accelerometer dan Radio-Modem, <i>Wahyu Widada, Sri Kliwati, Agus Harno Nurdinsyah</i>	273
40. Perancangan Penyala Mula Tipe Basket Untuk Roket Rx320, <i>Arif Nur Hakim, Saeri</i>	



41. Geometry Selection of Orthodontic Retraction Spring Through Knowledge-Based Design, <i>Bagus Bhirawa Putra</i>	277
42. Sintesa Kinematika Mekanisme Pemegang Torch Pada Proses Pengelasan Kontinyu Dalam Rancang Bangun Mesin Las Mig (Metal Inert Gas) Untuk Pembuatan Pedal Rem Sepeda Motor, <i>Sugiharto, F. Rizayana, Ms. Permana, G. Santoso, Brm. D. Widodo, Budiayana</i>	289
43. Rancang Bangun Sistem Pembersih-Pengisian Galon Air Mium Isi Ulang Berbasis Mikrokontroler AT89S51, <i>Aminuddin, Achmad Bachris Sati.</i>	301
44. Analisis Pengaruh Kondisi Pemotongan Pada Mesin Bubut Terhadap Amplitudo Getaran Pahat dan Kekasaran Permukaan Benda Kerja, <i>Viktus Kolo Koten</i>	309
45. Model Optimasi Perawatan Pahat Dengan Mempertimbangkan Laju Keausan Pahat, <i>Hendro Prassetiyo, Fifi Herni, Nurrachmah</i>	319
46. Usulan Perbaikan Proses Produksi Untuk Mengurangi Cacat Produksi Pada Proses Bending I, <i>Erry Adesta, Delvis Agusman, Rudy Susanto</i>	329
47. Teknologi Pembuatan Aerosol Containers dari Bahan Baja Lembaran/Tinplate, <i>Rahman Sujud</i>	337
	349

#### Makalah Bidang Teknik Industri

48. Model Sistem Pengendalian Persediaan Dua Eselon Multi Komponen Dependent Berdasarkan Jadwal Penggantian Komponen, <i>Hendro Prassetiyo, Fifi Herni, Wulansari</i>	355
49. Penentuan Lokasi Cabang Baru Lembaga Bahasa Inggris XYZ Dengan Pendekatan Brown - Gibson, <i>Ronald Sukwadi, Trifenaus Prabu Hidayat</i>	363
50. Perancangan Tata Letak Sel Berbentuk Spine Dengan Mempertimbangkan Kriteria Majemuk, <i>Trifenaus Prabu Hidayat, Ronald Sukwadi</i>	373
51. Perancangan Sistem Pengukuran Kinerja Sumber Daya Manusia Berbasis Balanced Scorecard Sebagai Upaya Untuk Mengendalikan, Mengevaluasi, dan Meningkatkan Kinerja Karyawan Di PT. Tactic Communication Representative Surabaya, <i>Hj. C. Nuraini, IB. Suardika</i>	381
52. Usulan Perbaikan Tata Letak Bagian Pengepakan PT X, <i>Lina Gozali, Lamto Widodo, Charles Astra Prawira, Stevane Fathin</i>	387
53. Studi Kelayakan Proyek Industri Tas Jinjing Multihandling, <i>Lamto Widodo, Lina Gozali, Irene, Benny, Fredy Lastrio</i>	397
54. Usulan Penjadwalan Produksi Flowshop Dengan Menggunakan Pendekatan Algoritma Genetika (Studi Kasus Di PT.X, Bandung), <i>Ariyani, Kartika Suhada, Santoso</i>	407
55. Analisis Penerapan Sistem Kanban Dengan Menggunakan Studi Simulasi ( Studi Kasus Di PT. "X", Jakarta ), <i>Victor Suhandi, Santoso, Vivien Chandra</i>	417
56. Analisis Penerapan Teory Of Constraint Dalam Meminimasi Persediaan Melalui Studi Simulasi (Studi Kasus Di PT. Sinar Terang Logamjaya (Stallion), <i>Victor Suhandi, Santoso, Limia Verlina</i>	425
57. Penerapan Analisis Kano Pada PT United Waru Biscuit Manufactory, Sidoarjo, <i>Monique Tandjung, Bambang Tjitro S., Muhammad Rosiawan</i>	433
58. Usulan Pengendalian Persediaan Untuk Produk Oli Dengan Menggunakan Metode Distribution Resource Planning (DRP) di PT.X-Bandung, <i>Ferry, Kartika Suhada, Santoso</i>	443
59. Analisa Efisiensi Relatif Pada Perusahaan Keramik Dengan Data Envelopment Analysis, <i>Moses L. Singgih</i>	453
60. Model Optimisasi Ukuran Lot Produksi Pada Sistem Produksi Yang Tidak Sempurna Dengan Kriteria Minimasi Total Ongkos, <i>Arie Desrianty, Fifi Herni M,</i>	



<i>Astri Martiarini Kadarisman</i>	459
61. Simulasi Biomekanik Untuk Menentukan Sikap Kerja Yang Ergonomis di CV. Penataran Blitar, <i>Hj. C. Nuraini, JR. Heksa Galuh W.</i>	469
62. Analisa Kepuasan Kerja Dan Keinginan Keluar Karyawan, <i>Marsellinus Bachtiar</i>	473
63. Aspek-Aspek Antropometri Dalam Perancangan Kursi dan Meja Sekolah Untuk Anak-Anak Sekolah Dasar, <i>Yanto</i>	481
64. Penelitian-Penelitian Antropometri Berdasarkan Metode Pengukuran: Metode Pengukuran Konvensional dan Modern, <i>Yanto</i>	487
65. Pengukuran Waktu Standar Kerja Untuk Proses Administrasi, <i>Khomeni Suntoso</i>	493
66. Analisis Perbaikan Kondisi Kerja Operator Mesin Hopper (Studi Kasus Pt X Di Jakarta), <i>Anggara Hayun Anujuprana</i>	499
67. Perancangan Sistem Pengukuran Digital Untuk Antropometri Tangan Menggunakan Teknologi Image Processing, <i>Muhammad Arya Riski, Dyah Santhi Dewi, Adithya Sudiarno</i>	511
68. Perancangan Stasiun Kerja Dan Durasi Kerja Berdasarkan Penilaian Job Strain Index (Studi Kasus Di PT. Kayo Surya Utama), <i>Arie Desrianty, Caecilia Sri W. Dan Ari Rahman</i>	519
69. Analisis Konsep Ergonomi Total Pada Perancangan Sistem Kerja Dalam Upaya Peningkatan Produktivitas Perusahaan, <i>Rida Tri Susanto, Sritomo Wignjosoebroto Dan Adithya Sudiarno</i>	529
70. Gambaran Dan Usulan Perbaikan Kondisi Fasilitas Bus & Halte Bus Way Trans Jakarta, <i>Ahmad</i>	537
71. Analisa Bullwhip Effect Dengan Metode Centralized Demand Information Dalam Supply Chain Management Pada PT. Pesona Ramaja Malang, <i>Hj. C. Nuraini dan I Ketut Artana</i>	541
72. Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Brand Equity Dan Customer Equity Pada Merek Oli Top One di Tuban, <i>Ronald Louis Indrajaya, Bambang Tjitro S. dan Anantasari</i>	549
73. Perbandingan Rencana Penerimaan Dalam Pengendalian Kualitas Produk, <i>Marsellinus Bachtiar</i>	565
74. Kajian Penerapan Six Sigma Finished Goods Part Wheel Di PT. X, <i>Roseni Mulyani, Achmad Husen, A. Amaningsih Jumhur</i>	573
75. Aplikasi Metode Response Surface Dan Reabilitas Dalam Optimalisasi Kualitas Baret Pada PT. X, <i>Lithrone Laricha, Mago Nalawira Kelana, Williem</i>	583
76. Kajian Sistem Informasi Rumah Sakit XYZ, <i>Dewa Ayu Putu Hapsari Utami</i>	591
77. Kajian Ergonomi Warung Makan di Samping kampus I Untar, <i>I Wayan Sukania</i>	595
78. Peningkatan kualitas jasa perhotelan dengan metode return on quality (studi kasus: hotel x, Surabaya), <i>Moses L Singgih</i>	599
79. Analisis Kualitas Pelayanan Terhadap Kepuasan Pelanggan Menggunakan Metode Servqual Dan Model Kano's Yang Diintegrasikan Dengan Quality Function Deployment (QFD) Pada PT.X, <i>Anggara Hayun Anujuprana</i>	609
80. Analisis Biaya Kualitas Untuk Efisiensi Biaya Pada Pembuatan Ultra Milk Chocolate (Studi Kasus Di PT. Ultrajaya Milk Industry & Trading Company, Tbk.), <i>Arie Desrianty, Ambar Harsono, Asti Astari Putri Eddyat Iyas</i>	617
81. Penentuan Rute Pada Rantai Supply Produk Sayur Dan Buahke Pelanggan Untuk Meminimalkan Biaya Transportasi Dengan Metode Saving Matriks Di PT. Rodeo, <i>Nelly Budiharti, Emmalia Adriantantri</i>	627
82. Penentuan Distribusi Semen Dengan Menggunakan Metode Fuzzy Integer Transportation Problem Di Pt. Semen Gresik, <i>Nelly Budiharti, Emmalia Adriantantri</i>	635
83. Aplikasi Metode Quality Function Deployment (Qfd) Dalam Usaha Memenuhi	



84. Analisa Pengaruh Putaran Terhadap Kualitas Biji Kopi Dengan Menggunakan Mesin Pengupas Biji Kopi Kapasitas 1000 Kg/Jam, <i>Amelia, Ian Hardianto Siahaan dan Inkar Palisu</i>	651
85. Analisis Pembangkitan Energi Pelontar Pellet Pada Senapan Angin Roduk Industri Kecil Untuk Usaha Perbaikan Kualitas Dan Standarisasi Komponen Utamanya , <i>Sugiharto, Brm. D. Widodo, A. Sentana, G. Santoso Dan I. Nurhadi</i>	657
86. Integrasi Quality Function Deployment Dan Value Engineering dalam Pengembangan Produk (Study Kasus Industri Kecil Genteng Malang), <i>Dyah Retno P, Dwi Iryaning H</i>	667
87. Pengendalian Kualitas Dan Investigasi Proses Produksi Extreme 75 ML CAP, <i>Delvis Agusman dan Robert Junaidy</i>	675
88. Pemilihan Strategi Pemasaran Dengan Metode Non Numerik ME-MCDM Studi Kasus : Minyak Telon Mustika Ratu, <i>Triwulandari S. Dewayana, Evi Sulistyowati</i>	685
89. Kajian Pengendalian Kualitas Pada Proses Filling Susu Cair Netto 195 MI di PT. XYZ, <i>Teguh Prasetyanto, Achmad Husen, A. Amaningsih Jumahur</i>	691
90. Pengaruh Variabel Bebas Terhadap Gaya Thrust Pada Proses Menggurdi, <i>Zuliantoni</i>	705
91. Pengaruh Kestabilan Mobile Crane Terhadap Daya Mengangkat Dan Menurunkan Beban, <i>Zuliantoni</i>	715
92. Aplikasi ERP Pada Usaha Kecil dan Menengah Furniture Berbasis Opensource Openbravo (Studi Kasus UD. Santoso, Kalijambe Gemolong Sragen Jawa Tengah, <i>Emi Handayani, Munajat Tri Nugroho</i>	717
93. Optimisasi Parameter Desain Untuk Produk Yang Dijual Dengan Garansi Dua Dimensi, <i>Hendro Prasetyo, Bermawati P. Iskandar</i>	725
94. Usulan Penjadwalan Produksi Job Shop Untuk Meminimasi MAKESPAN (Studi Kasus di PT. X), <i>Santoso1, Vicky Setiaawan, Ario Pamungkas</i>	737

**PANITIA SEMINAR NASIONAL MESIN DAN INDUSTRI (SNMI4) 2008**

Pelindung : Rektor Universitas Tarumanagara.  
Penasehat : Dekan Fakultas Teknik.  
Penanggung jawab : Ketua Jurusan Teknik Mesin, Ir. Sofyan Djamil, M.Si

**Panitia Pengarah :**

Ketua : Prof. DR. Ir. I Made Kartika D., Dipl.Ing (UI)  
Anggota :  
1. Dr. Ir. Erry Y.T. Adesta, M.Sc (Untar)  
2. Dr. Abrar Riza, ST., MT (Untar)  
3. Dr. Adianto (BPPT)  
4. Prof. Eddy S. Siradj, M.Sc (UI)  
5. Ir. Sofyan Djamil, M.Si (Untar)  
6. Ir. Erwin Siahaan, M.Si (Untar)

**Tim Editor :**

Bidang material : Ir. Erwin Siahaan, M.Si  
Bidang manufaktur : Delvis Agusman, ST., M.Sc  
Bidang konversi energi : Dr. Ir. Abrar Riza, MT  
Bidang konstruksi mesin &  
Perancangan dan pengembangan : Agustinus P. Irawan, ST., MT.  
produk  
Bidang manajemen produksi dan : Lina Gozali, ST., MM.  
operasi  
Bidang perancangan sistem kerja & : Lamto Widodo, ST, MT  
ergonomi  
Bidang manajemen kualitas dan : I Wayan Sukania, ST., MT.  
manajemen rantai pasokan

**Panitia Pelaksana :**

Ketua : I Wayan Sukania, ST., MT  
Sekretaris : Agustinus Purna Irawan, ST., MT  
Bendahara : Didi Widya Utama, ST  
Seksi Publikasi dan : 1. Wilson Kosasih, ST (Koordinator)  
dokumentasi : 2. Didi Widya Utama, ST  
3. Lina Gozali, ST., MM  
4. Mariswan  
5. Mahasiswa 2 orang  
Seksi Makalah : 1. DR. Abrar Riza, ST., MT (Koordinator)  
2. Ir. Rosehan, MT  
3. Lamto Widodo, ST., MT  
4. Endro Wahyono  
5. Kusno Aminoto  
Seksi Acara : 1. Ir. Erwin Siahaan, M.Si (Koordinator)  
2. Delvis Agusman, ST., M.Sc  
3. Khomeni Suntoso, ST  
4. Litrone Laricha, ST  
5. Pujo Yuono, ST  
6. Mahasiswa 2 orang

- Seksi Perlengkapan : 1. Drs. Totok Sugiarto (Koordinator)  
2. Suryo Djatono  
3. Pramono  
4. Darwanto  
5. Marsudi  
6. Heriyanto  
7. Mahasiswa 2 orang
- Seksi Konsumsi : 1. Suparti (Koordinator)  
2. Sulastini
- Seksi Penerima Tamu : 1. Beatric (Koordinator)  
2. Stefi Haryono  
3. Henny  
4. Jenifer
- Seksi Keamanan : 1. Desnata Hambali, ST (Koordinator)  
2. Mahasiswa 6 orang
- Sekretariat : 1. Agustinus Purna Irawan, ST., MT (Koordinator)  
2. Sulastini  
3. Herman
- Seksi Sponsor : 1. Didi Widya Utama, ST (Koordinator)  
2. Agus Halim, ST., MT  
3. Mahasiswa 5 orang



**PERANCANGAN STASIUN KERJA DAN DURASI KERJA  
BERDASARKAN PENILAIAN *JOB STRAIN INDEX*  
(Studi Kasus di PT. Kayo Surya Utama)**

Arie Desrianty, Caecilia Sri W, Ari Rahman  
Jurusan Teknik Industri Institut Teknologi Nasional, Jl. PHH Mustafa 23 Bandung  
Tlp (022) 7272215 ext.137, fax (022) 7202892  
E-mail: [adesrianty@yahoo.com](mailto:adesrianty@yahoo.com), [adesrianty@itenas.ac.id](mailto:adesrianty@itenas.ac.id)

**ABSTRAK**

*PT Kayo Surya Utama merupakan salah satu perusahaan manufaktur yang bergerak dalam bidang produksi sparepart lemari es dan sparepart Air Conditioner (AC). Tingginya aktivitas manual mengakibatkan operator sering merasakan gejala sakit, linu atau pegal pada bagian-bagian tubuh tertentu. Anggota tubuh ekstremitas bagian atas merupakan salah satu bagian tubuh yang paling sering dan rentan terkena cedera kerja.*

*Stasiun kerja manual soldering adalah stasiun kerja yang paling berisiko terkena cedera kerja. Oleh karena itu dilakukan analisis terhadap kondisi pekerjaan manual soldering dengan menggunakan metode job strain index. Metode ini melihat posisi dan pembebanan terhadap anggota tubuh ekstremitas bagian atas dari enam variabel kerja. Strain index score untuk pekerjaan manual soldering menunjukkan kondisi pekerjaan tersebut berbahaya. Faktor utama penyebab keadaan tersebut adalah kondisi stasiun kerja dan durasi kerja, sehingga perbaikan dilakukan untuk kedua hal tersebut.*

*Perancangan stasiun kerja dilakukan dengan menggunakan pendekatan antropometri dengan melakukan penambahan permukaan meja kerja yang digunakan untuk menyimpan produk yang akan disolder, penambahan toolbox alat solder dan kawat elektroda, dan perancangan kursi kerja. Dengan adanya penambahan kursi kerja, operator duduk pada saat bekerja. Perancangan ini dilakukan untuk meminimisasi jumlah exertion yang dilakukan saat bekerja.*

*Perancangan durasi kerja dilakukan dengan menggunakan pendekatan fisiologi kerja yang menekankan pada waktu istirahat yang dibutuhkan, sehingga dapat meminimisasi kelelahan kerja. Pendekatan ini mengusulkan untuk diberikannya penambahan waktu istirahat untuk operator selama 20 menit dari durasi kerja awal. Hasil rancangan stasiun kerja dan durasi kerja menurunkan strain index score. Hal ini menandakan bahwa hasil rancangan aman untuk digunakan, sehingga dapat direkomendasikan untuk diterapkan oleh pihak perusahaan sebagai langkah awal dalam menciptakan kondisi kerja yang efektif, aman, nyaman, sehat, dan efisien (ENASE).*

**Kata kunci :** *job strain index, durasi kerja, perbaikan stasiun kerja*

## **1. Pendahuluan**

Salah satu permasalahan kesehatan diantaranya adalah cedera pada bagian tubuh (*musculoskeletal disorder*). Gejala awal yang biasa dialami pekerja adalah rasa sakit, linu atau pegal secara periodik pada bagian-bagian tertentu tubuh akibat frekuensi gerakan berulang yang tinggi, postur tubuh yang salah yang disebabkan stasiun kerja yang ada ataupun diakibatkan oleh tenaga ekstra yang harus dikeluarkan untuk menyelesaikan pekerjaan, serta kurangnya waktu istirahat setelah bekerja. Akumulasi dari gejala ini dapat menimbulkan cedera permanen pada pekerja.

PT. Kayo Surya Utama adalah perusahaan manufaktur yang bergerak dalam bidang produksi *sparepart* lemari es dan *sparepart* Air Conditioner (AC). Kecepatan dan ketelitian kerja merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi operator perusahaan. Hal ini dikarenakan perusahaan senantiasa menjaga kualitas dan ketepatan penyelesaian produk.



Saat ini operator merasa perusahaan kurang memberi perhatian terhadap kesehatan dan keselamatan kerja. Hal ini didapat dari keluhan operator yang sering merasa sakit, linu atau pegal pada bagian-bagian tubuh tertentu. Anggota tubuh ekstremitas bagian atas yang terdiri dari: bahu, perbatasan tubuh dan lengan atas, lengan atas, siku, lengan bawah, dan tangan (Snell, 1996) merupakan salah satu bagian tubuh yang paling sering terkena dampak akibat bekerja. Kondisi tersebut disebabkan oleh posisi kerja operator yang berdiri selama bekerja serta durasi kerja yang cenderung lama dalam satu hari kerja.

## 2. Job Strain Index

Metode *Job Strain Index* (JSI) merupakan suatu metode analisis level risiko cedera kerja yang melihat posisi dan pembebanan terhadap anggota tubuh ekstremitas bagian atas dari enam variabel kerja, yaitu: intensitas *exertion*, durasi *exertion*, *exertion* per menit, postur tangan dan pergelangan tangan, kecepatan kerja, dan durasi kerja per hari. Metode *job strain index* merupakan metode yang relatif cepat untuk memprediksi terjadinya risiko cedera kerja pada anggota tubuh ekstremitas bagian atas pada suatu populasi pekerja. *Strain index score* dapat mengidentifikasi faktor utama penyebab terjadinya risiko cedera kerja, sehingga dapat diambil tindakan perbaikan secepatnya.

### 2.1. Intensitas *Exertion*

Intensitas *exertion* menekankan pada seberapa besar usaha yang dikeluarkan oleh operator pada saat menyelesaikan pekerjaannya. Usaha tersebut dapat dilihat dari tingkat kesulitan pekerjaan, tingkat ketelitian pekerjaan dan tenaga yang dikeluarkan pada saat bekerja. Variabel ini merupakan variabel subjektif. Proses pengumpulan data dilakukan dengan cara mengamati pekerjaan beberapa kali dan memberi bobot pada usaha yang dirasakan. Klasifikasi intensitas *exertion* operator ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Intensitas *Exertion*

<i>Intensity of Exertion</i>			
<i>Rating Criterion</i>	<i>% Maximal Strenght</i>	<i>Borg Scale</i>	<i>Perceived Effort</i>
<i>Light</i>	<10%	<=2	<i>Barely Noticeable Or Relaxed Effort</i>
<i>Somewhat Hard</i>	10%-29%	3	<i>Noticeable Or Definite Effort</i>
<i>Hard</i>	30%-49%	4-5	<i>Obvious Effort; Unchanged Facial Expression</i>
<i>Very Hard</i>	50%-79%	6-7	<i>Substantial Effort; Changes Facial Expression</i>
<i>Near Maximal</i>	>=80%	>7	<i>Uses Shoulder Or Trunk To Generate Force</i>

### 2.2. Durasi *Exertion*

Durasi *exertion* merupakan persentase dari waktu suatu *exertion* yang berlangsung selama siklus kerja. Proses pengambilan data dilakukan dengan cara menghitung jumlah *exertion* yang terjadi selama waktu siklus. Waktu siklus *exertion* rata-rata dihitung dengan cara membagi antara durasi pengamatan dengan jumlah *exertion*. Durasi *exertion* yang dilakukan diklasifikasikan seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria Durasi *Exertion*.

<i>Duration of Exertion</i>	
<i>Rating</i>	<i>Percent Duration of Exertion</i>
1	< 10%
2	10-29%
3	30-49%
4	50-79%
5	80-100%

### 2.3. *Exertion/Effort* Per Menit

*Exertion/effort* per menit merupakan banyaknya suatu *exertion* yang dilakukan dalam selang waktu selama satu menit. Banyaknya *exertion* yang terjadi dalam selang waktu selama satu menit suatu pekerjaan diklasifikasikan ke dalam *rating* seperti pada Tabel 3.

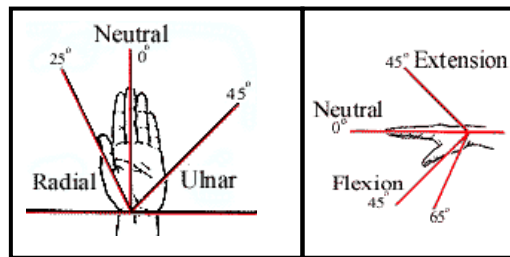


Tabel 3. Kriteria *Exertion/Effort* Per Menit

<i>Effort Per Minutes</i>	
<i>Rating</i>	<i>Effort Per Minutes</i>
1	< 4
2	4-8
3	9-14
4	15-19
5	>= 20

#### 2.4. Postur Tangan/Pergelangan Tangan

Postur tangan/pergelangan tangan memperlihatkan sudut yang terbentuk antara pergelangan tangan terhadap posisi tangan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Posisi Sudut Pergelangan Tangan terhadap Tangan

Lima posisi yang terdapat pada *rating* postur tangan/pergelangan tangan ditunjukkan oleh Tabel 4.

Tabel 4. Kriteria Postur Tangan dan Pergelangan Tangan.

<i>Hand/ Wrist Posture (degrees)</i>			
<i>Extension</i>	<i>Flexion</i>	<i>Ulnar Deviation</i>	<i>Perceived Posture</i>
0-10	0-5	0-10	<i>Perfect Neutral (Very Good)</i>
11-25	6-15	11-15	<i>Near Neutral (Good)</i>
26-40	16-30	16-20	<i>Non Neutral (Fair)</i>
41-59	31-50	21-25	<i>Marked Deviation (Bad)</i>
>60	>50	>25	<i>Near Extreme (Very Bad)</i>

#### 2.5. Kecepatan Kerja

Kecepatan kerja berhubungan dengan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan (Sutalaksana, 1979). Pengumpulan data kecepatan kerja menggunakan prinsip dari *Methods Time Measurement* (MTM-1) karena karakteristik dari metode MTM-1 cocok diterapkan untuk pekerjaan yang mempunyai pengulangan tanpa variasi. Hal ini sesuai dengan penerapan metode *job strain index*. Proses perhitungan kecepatan kerja dilakukan dengan cara membandingkan data MTM-1 dengan waktu siklus pengerjaan.

$$\% \text{ Kecepatan kerja} = \frac{\text{Waktu perhitungan MTM} - 1}{\text{Waktu siklus}} \times 100\% \quad (1)$$

Proses perbandingan dilakukan untuk mengetahui seberapa cepat pekerjaan yang dilakukan jika dibandingkan dengan waktu standar yang telah ditetapkan perusahaan, sehingga kecepatan kerja dapat diketahui. Kecepatan pekerjaan diklasifikasikan ke dalam *rating* seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Kriteria Kecepatan Kerja.

<i>Speed of Work</i>		
<i>Rating Criterion</i>	<i>Compared to MTM-1</i>	<i>Perceived Speed</i>
<i>Very Slow</i>	<80%	<i>Extremely Relaxed Pace</i>
<i>Slow</i>	81%-90%	<i>Taking One's Own Time</i>
<i>Fair</i>	91%-100%	<i>Normal Speed of Motion</i>
<i>Fast</i>	101%-115%	<i>Rush, but Able to Keep Up</i>
<i>Very Fast</i>	>115%	<i>Rush, Unable to Keep Up</i>



## 2.6. Durasi Kerja Per Hari

Durasi pekerjaan per hari merupakan waktu kerja efektif dalam satu hari durasi kerja. Waktu kerja efektif diklasifikasikan ke dalam *rating* yang sesuai dengan durasi pekerjaan per hari seperti pada Tabel 6.

Tabel 6. Kriteria Durasi Kerja per Hari

<i>Rating</i>	<i>Durasi Kerja per Hari</i>
1	< 1
2	1-2
3	2-4
4	4-8
5	>= 8

## 2.7. Pengolahan Data Strain Index

Langkah pertama yang dilakukan adalah menentukan faktor pengali untuk masing-masing variabel *strain index* seperti pada Tabel 7.

Tabel 7. Kriteria Faktor Pengali *Strain index*.

<i>Job Strain Index Multipliers Factors</i>						
<i>Rating</i>	<i>Intensity of Exertion (IE)</i>	<i>Duration of Exertion (DE)</i>	<i>Efforts/ Minute (EM)</i>	<i>Hand/Wrist Posture (HWP)</i>	<i>Speed of Work (SW)</i>	<i>Duration per Day (DD)</i>
1	Light (1)	< 10% (0.5)	< 4 (0.5)	Very Good (1)	Very Slow (1)	< 1 (0.25)
2	Somewhat Hard (3)	10-29% (1)	4-8 (1)	Good (1)	Slow (1)	1-2 (0.5)
3	Hard (6)	30-49% (1.5)	9-14 (1.5)	Fair (1.5)	Fair (1)	2-4 (0.75)
4	Very Hard (9)	50-79% (2)	15-19 (2)	Bad (2)	Fast (1.5)	4-8 (1)
5	Near Maximal (13)	80-100% (3)	>= 20 (3)	Very Bad (3)	Very Fast (2)	>= 8 (1.5)

Lalu dilakukan perhitungan risiko cedera kerja menggunakan form seperti pada Tabel 8.

Tabel 8. *Strain index Worksheet*.

<i>Job Strain Index Worksheet</i>						
	<i>Intensity of Exertion (IE)</i>	<i>Duration of Exertion (DE)</i>	<i>Efforts/ Minute (EM)</i>	<i>Hand/Wrist Posture (HWP)</i>	<i>Speed of Work (SW)</i>	<i>Duration per Day (DD)</i>
<i>Exposure Data</i>						
<i>Ratings</i>						
<i>Multipliers</i>						
<i>SI Scores</i>						
<i>JSI Score = IE x DE x EM x HWP x SW x DD</i>						

Selanjutnya nilai tersebut dicocokkan dengan *strain index final score clasification* seperti pada Tabel 9 untuk kemudian diketahui seberapa besar level risiko cedera kerja yang kemungkinan terjadi.

Tabel 9. *Strain index Final Score Clasification*.

<i>Job Strain Index Final Score Classification</i>	
<i>SI Score</i>	<i>Interpretation</i>
3 or Less	Probably Safe
More than 3 but Less than 7	May be Hazardous
7 or Greater	Probably Hazardous

3. Pendekatan Pemecahan Masalah

Metoda yang digunakan untuk menganalisis resiko cidera kerja pada anggota tubuh ekstrimitas bagian atas adalah *Job Strain Index Method*. Kelebihan dari metode ini adalah dapat mengidentifikasi risiko cidera kerja dari beberapa faktor penyebabnya, yaitu: tenaga/gaya yang dikeluarkan, postur kerja, dan durasi kerja yang meliputi waktu kerja dan waktu istirahat. Metode ini memberikan pendekatan seberapa besar level risiko cidera kerja yang terjadi pada suatu stasiun kerja, sehingga nantinya dapat diambil tindakan guna meminimisasi terjadinya risiko cidera kerja pada anggota tubuh ekstrimitas bagian atas (*upper extrimity cummulative trauma disorder*).

Metode ini digunakan untuk menentukan level resiko kerja pada stasiun kerja kritis yang telah ditentukan terlebih dahulu melalui penelitian pendahuluan. Penelitian pendahuluan yang dilakukan menggunakan kuisisioner *Nordic Body Map* yang disebarakan kepada operator seluruh stasiun kerja.

4. Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pengumpulan dan pengolahan data dilakukan untuk penelitian pendahuluan dan perhitungan *score index* di stasiun kerja kritis.

4.1. Penelitian Pendahuluan

Kuisisioner *Nordic Body Map* disebarakan ke seluruh operator di PT. Kayo Surya Utama. Hasil penyebaran tersebut menunjuk stasiun kerja *manual soldering* sebagai stasiun kerja kritis dengan presentase terjadi risiko cidera kerja terbesar dibandingkan dengan stasiun kerja lain, yaitu sebesar 68% untuk anggota tubuh ekstrimitas bagian atas.

4.2. Perhitungan *Strain Index Score*

*Strain index score* ditentukan berdasarkan data-data yang dikumpulkan untuk enam variabel *strain index* sebagai berikut:

1. Intensitas *Exertion*.

Operator penyolderan melakukan proses penempelan kawat elektroda pada produk yang dikerjakan agar kawat elektroda yang digunakan sebagai bahan penyambung antara tembaga dengan pipa *cappilery* dapat meresap dengan baik pada keduanya. Pekerjaan ini memerlukan tingkat ketelitian dan konsentrasi kerja operator. Berdasarkan hal tersebut, maka untuk penentuan kriteria intensitas *exertion* pekerjaan *soldering* termasuk ke dalam pekerjaan dengan rating *somewhat hard* (rating 2).

2. Durasi *Exertion*.

Proses pengambilan data untuk durasi *exertion* dilakukan selama tiga hari kerja dengan masing-masing pengamatan dilakukan sebanyak 30 kali siklus pengerjaan dengan perhitungan seperti pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Perhitungan Durasi *Exertion*

Duration of Exertion					
	Trial One (15/01/08)	Trial Two (16/01/08)	Trial Three (17/01/08)	Jumlah	Average
Untuk 30 Siklus Pengamatan					
Duration Of Observation Period (seconds)	1710	1800	1740	5250	1750
Number of Exertion (n)	150	210	180	540	180
Average Exertional Cycle Time	11.40	8.57	9.67	29.64	9.88
Rata-Rata Satu Siklus					
Duration Of All Observation Period (seconds)	57	60	58	175	58.33
Number of Exertion (d)	5	7	6	18	6
Average Duration Exertion Per Cycle	5.77	6.07	5.87	17.71	5.90
Calculate Percent Duration Of Exertion					
(Average Duration of Exertion per cycle(seconds) / Average Exertional Cycle Time (seconds) ) x 100%					
5.90 / 9.88					
59.77%					



Dari hasil pengumpulan data dapat diketahui bahwa durasi untuk sebuah *exertion* dalam satu siklus penyolderan adalah sebesar 59.77% (*rating* 4).

3. *Exertion /Effort* Per Menit.

Proses perhitungan *exertion /effort* per menit dilakukan berdasarkan data pada Tabel 10 yang telah dikonversikan ke dalam satuan menit. Tabel 11 menyajikan hasil perhitungan *exertion /effort* per menit.

Tabel 11. Hasil Perhitungan *Exertion* Per Menit

<i>Exertion Per Minute</i>					
	<i>Trial One (15/01/08)</i>	<i>Trial Two (16/01/08)</i>	<i>Trial Three (17/01/08)</i>	<i>Jumlah</i>	<i>Average</i>
<i>Number of Exertion</i>	150	210	180	540	180
<i>Total Observed Time (minutes)</i>	28.5	30	29	87.50	29.17
<i>Calculate Efforts Per Minutes</i>					
<i>Average Number of Exertion / Average Total Observed Time (minutes)</i>					
180 / 29.17					
6.17					

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa banyaknya *exertion* yang terjadi dalam satu menit adalah sebanyak 6.17 kali (*rating* 2).

4. Postur Tangan/Pergelangan Tangan.

Pengukuran sudut yang terbentuk dilakukan dengan menggunakan *Software Motion Analysis Tools* sebanyak 30 kali pengamatan dengan nilai rata-rata sebesar 17.53 derajat. Berdasarkan hasil tersebut kriteria untuk postur tangan adalah *near neutral* (*rating* 2).

5. Kecepatan Kerja.

Proses pengumpulan data kecepatan kerja menggunakan prinsip dari *Methods Time Measurement* (MTM-1) dengan perolehan waktu 53.85 detik. Waktu siklus untuk membuat satu produk adalah 57 detik, sehingga kecepatan kerja sebesar  $\frac{53.85}{57} \times 100\% = 94.48\%$  . Maka pekerjaan *soldering* termasuk kriteria dengan kecepatan kerja *fair* (*rating* 3).

6. Durasi Kerja Per Hari.

Durasi kerja untuk proses penyolderan dilakukan selama 9 jam kerja per hari dengan waktu kerja efektif selama 8 jam kerja dan waktu istirahat selama 1 jam sehingga termasuk dalam kriteria  $\geq 8$  jam (*rating* 5).

Pengolahan data *strain index* diawali dengan menentukan faktor pengali *strain index* berdasarkan *rating* masing-masing variabel yang telah terkumpul seperti pada Tabel 12.

Tabel 12. Hasil Penentuan Kriteria Faktor Pengali *Strain index* Setiap Variabel.

<i>Job Strain Index Multipliers Factors</i>						
<i>Rating</i>	<i>Intensity of Exertion (IE)</i>	<i>Duration of Exertion (DE)</i>	<i>Efforts/ Minute (EM)</i>	<i>Hand/Wrist Posture (HWP)</i>	<i>Speed of Work (SW)</i>	<i>Duration per Day (DD)</i>
1	Light (1)	< 10% (0.5)	< 4 (0.5)	Very Good (1)	Very Slow (1)	< 1 (0.25)
2	Somewhat Hard (3)	10-29% (1)	4-8 (1)	Good (1)	Slow (1)	1-2 (0.5)
3	Hard (6)	30-49% (1.5)	9-14 (1.5)	Fair (1.5)	Fair (1)	2-4 (0.75)
4	Very Hard (9)	50-79% (2)	15-19 (2)	Bad (2)	Fast (1.5)	4-8 (1)
5	Near Maximal (13)	80-100% (3)	$\geq 20$ (3)	Very Bad (3)	Very Fast (2)	$\geq 8$ (1.5)

Perhitungan level risiko cedera kerja berdasarkan faktor pengali untuk setiap variabel seperti pada Tabel 13.

Tabel 13. Perhitungan *Strain index Score*.

Job Strain Index Worksheet						
	Intensity of Exertion (IE)	Duration of Exertion (DE)	Efforts/ Minute (EM)	Hand/Wrist Posture (HWP)	Speed of Work (SW)	Duration per Day (DD)
Exposure Data	Somewhat Hard	50-79%	4-8	Good	Fair	>=8
Ratings	2	4	2	2	3	5
Multipliers	3	2	1	1	1	1.5
JSI Score = IE x DE x EM x HWP x SW x DD						
JSI Score = 3 x 2 x 1 x 1 x 1 x 1.5						
JSI Score = 9						

Score untuk pekerjaan *soldering* adalah sebesar 9, maka pekerjaan *soldering* termasuk ke dalam jenis *probably hazardous* yang menunjukkan pekerjaan yang dilakukan berbahaya. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis terhadap kondisi stasiun kerja penyolderan untuk meminimisasi terjadinya risiko cedera kerja pada anggota tubuh ekstremitas bagian atas (*upper extrimity cummulative trauma disorder*).

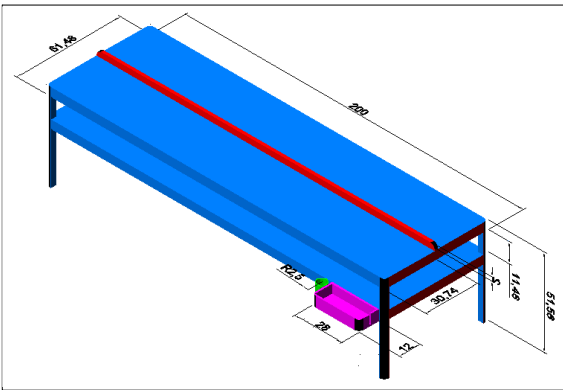
5. Analisis dan Usulan Perbaikan

Variabel yang paling berpengaruh terhadap *strain index score* yang dihasilkan untuk pekerjaan *soldering* adalah durasi *exertion* dan durasi kerja per hari. Kedua variabel *strain index* tersebut berada pada *rating* yang tinggi (durasi *exertion* pada *rating* 4, dan durasi kerja per hari pada *rating* 5) sehingga memberikan faktor pengali yang besar terhadap perhitungan *strain index score*. Berdasarkan kedua hal tersebut maka faktor yang dapat diperbaiki adalah kondisi stasiun kerja dan pembagian waktu istirahat.

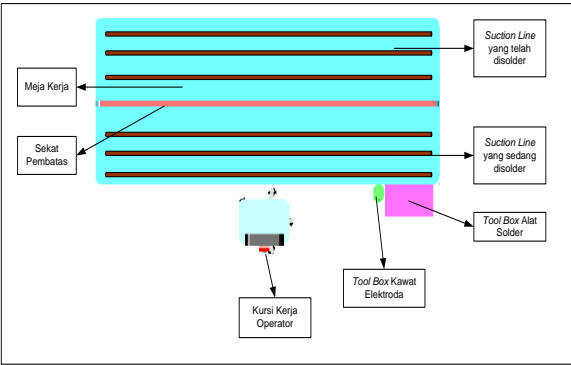
5.1. Perancangan Stasiun Kerja

Proses manual *soldering* adalah proses penyolderan untuk menggabungkan tembaga dengan pipa *cappilery* dengan proses pengerjaan dilakukan dengan berdiri. Saat ini proses penyolderan dilakukan di atas meja kerja yang dimensinya tidak sesuai dengan dimensi tubuh operator. Untuk pekerjaan berdiri, dimensi tinggi meja dirancang terlalu rendah. Selain itu dimensi lebar meja terlalu lebar sehingga operator yang pendek memerlukan *exertion* yang lebih untuk menyimpan produk hasil solderan. Perbaikan yang dapat dilakukan adalah merancang ulang meja kerja dan merancang kursi kerja.

Perancangan ulang meja kerja dilakukan dengan cara menyesuaikan dimensi meja kerja dengan dimensi operator. Selain merancang ulang dimensi, pada meja kerja ini pun dirancang kembali tata letak peralatan sehingga dapat mengurangi jumlah *exertion*. Hasil rancangan meja kerja dan tata letak peralatan seperti pada Gambar 2 dan 3.



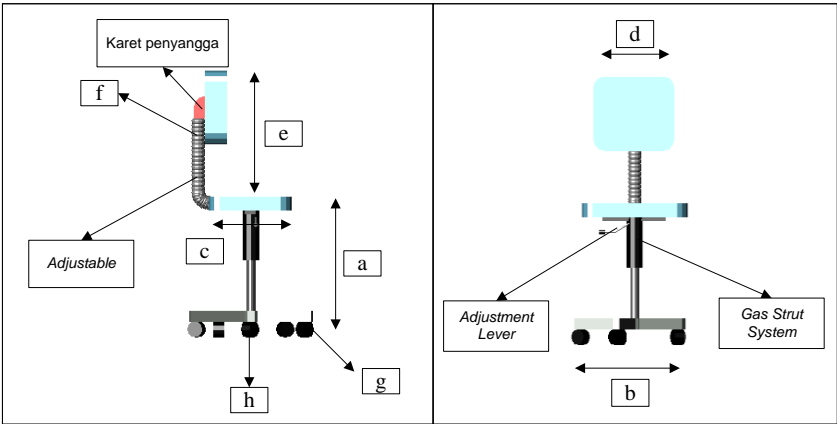
Gambar 2. Usulan Rancangan Meja Kerja untuk Operator *Soldering*



Gambar 3. Usulan Tata Letak Peralatan



Perancangan kursi kerja dilakukan berdasarkan rancangan kursi kerja *Duncan*. Alasan dipilihnya rancangan ini karena spesifikasi standar kursi kerja yang sesuai untuk suatu industri telah tercakup di dalamnya. Gambar 4 menyajikan hasil rancangan kursi kerja *Duncan* dengan spesifikasi seperti pada Tabel 14.



Gambar 4. Hasil Rancangan Kursi Kerja *Duncan*

Tabel 14. Spesifikasi Perancangan Kursi Kerja *Duncan*

No	Spesifikasi	Simbol	Ukuran	Nilai
1	Tinggi alas duduk (adjustable)	a	cm	37-46
2	Lebar alas duduk	b	cm	38
3	Panjang alas duduk	c	cm	46
4	Panjang sandaran punggung	d	cm	38
5	Tinggi sandaran punggung (adjustable)	e	cm	50-125
6	Pengaturan sudut sandaran punggung	f	derajat	85-115
7	Jumlah kaki	g	unit	5
8	Diameter kaki & roda	h	cm	10.5

5.2. Penentuan *Rest Time*

Penentuan waktu istirahat dilakukan berdasarkan metoda Murrel (1965) untuk menentukan waktu istirahat sebagai kompensasi dari pekerjaan fisik dengan persamaan:

$RT = R_r \times \text{faktor pengali menurut usia}$  (2)

$$R_r = \frac{\left(\frac{K}{S} - 1\right) \times 100 + \frac{T(K - S)}{K - BM}}{2}$$
 untuk  $S \leq K \leq 2S$  (3)

$RT$  = *Rest Time* (menit).

$R_r$  = waktu istirahat yang diperbolehkan/*recommended rest* (menit).

$K$  = konsumsi energi (Kcal/menit).

$S$  = pengeluaran energi rata-rata (*female* = 4 kcal/menit, *male* = 5 kcal/menit).

$T$  = total waktu kerja (menit).

$BM$  = *Basal Metabolism* (BM wanita = 1,4 ; BM pria = 1,7).

Faktor pengali menurut usia yang digunakan seperti pada Tabel 17.

Tabel 15. Faktor Pengali Menurut Usia.

Umur	Faktor Pengali
20 - 30	1.00
40	1.04
50	1.10
60	1.20
65	1.25

Pengambilan data berupa denyut jantung operator yang akan dikonversikan menjadi konsumsi energi, dilakukan berdasarkan durasi kerja yang ditetapkan perusahaan sebanyak 3 periode istirahat. Perhitungan waktu istirahat untuk ke-3 periode tersebut adalah:

1. Periode 1 (jam kerja: 07.00 – 09.30, istirahat: 09.30 – 09.40).

$$Rr = \frac{\left(\frac{4.3850}{4} - 1\right) \times 100 + \frac{150(4.3850 - 4)}{4.3850 - 1.4}}{2} = 14.48 \text{ menit .}$$

Rata-rata usia operator *soldering* adalah 22.8 tahun, maka faktor pengali = 1.

$$RT = 14.48 \text{ menit} \times 1 = 14.48 \text{ menit} \cong 15 \text{ menit.}$$

2. Periode 2 (jam kerja: 09.40 – 11.45, istirahat: 11.45 – 11.25).

$$Rr = \frac{\left(\frac{5.5996}{4} - 1\right) \times 100 + \frac{125(5.5996 - 4)}{5.5996 - 1.4}}{2} = 43.80 \text{ menit.}$$

Rata-rata usia operator *soldering* adalah 22.8 tahun, maka faktor pengali = 1.

$$RT = 43.80 \text{ menit} \times 1 = 43.80 \text{ menit} \cong 45 \text{ menit.}$$

3. Periode 3 (jam kerja: 12.25 – 14.00, istirahat: 14.00 – 14.10).

$$Rr = \frac{\left(\frac{4.7176}{4} - 1\right) \times 100 + \frac{95(4.7176 - 4)}{4.7176 - 1.4}}{2} = 19.25 \text{ menit.}$$

Rata-rata usia operator *soldering* adalah 22.8 tahun, maka faktor pengali = 1.

$$RT = 19.25 \text{ menit} \times 1 = 19.25 \text{ menit} \cong 20 \text{ menit.}$$

Dari hasil perhitungan tersebut maka diusulkan waktu kerja seperti pada Tabel 16.

Tabel 16. Usulan Waktu Kerja

Hari	Jam Kerja	Jam Istirahat
Senin – Kamis	07.00 – 16.00	09.30 – 09.45
		11.50 – 12.35
		14.10 – 14.30
Jumat	07.00 – 16.00	09.30 – 09.45
		11.30 – 12.30
		14.00 – 14.30

### 5.3. Perbandingan *Strain index Score* Hasil Rancangan dengan Kondisi Awal

Untuk mengetahui apakah usulan rancangan yang diberikan dapat direkomendasikan, maka dilakukan perhitungan *strain index score* terhadap hasil rancangan yang selanjutnya dibandingkan dengan *strain index score* kondisi awal seperti pada Tabel 17.

Tabel 17. Perbandingan *Strain Index Score*

		Perbandingan <i>Strain Index Score</i>					
		<i>Intensity of Exertion (IE)</i>	<i>Duration of Exertion (DE)</i>	<i>Efforts/ Minute (EM)</i>	<i>Hand/Wrist Posture (HWP)</i>	<i>Speed of Work (SW)</i>	<i>Duration per Day (DD)</i>
Sebelum Perancangan	Keterangan (Nilai)	Usaha Jelas & Nyata	59.77%	6.17	17.53 derajat	94.48%	8 jam
	<i>Exposure Data</i>	<i>Somewhat Hard</i>	50-79%	4-8	Good	Fair	>=8
	<i>Ratings</i>	2	4	2	2	3	5
	<i>Multipliers</i>	3	2	1	1	1	1.5
	<i>SI Score</i>	9					
Setelah Perancangan	Keterangan (Nilai)	Usaha Jelas & Nyata	15.79%	3.16	0 derajat	85.05%	7 jam 40 menit
	<i>Exposure Data</i>	<i>Somewhat Hard</i>	10-29%	< 4	<i>Very Good</i>	<i>Slow</i>	4-8
	<i>Ratings</i>	2	2	1	1	2	4
	<i>Multipliers</i>	3	1	0.5	1	1	1
	<i>SI Score</i>	1.5					



Berdasarkan *Strain index Final Score Clasification* hasil rancangan termasuk ke dalam klasifikasi cenderung aman untuk digunakan.

## 6. Simpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah level cedera kerja di stasiun kerja kritis pada kondisi awal (sebesar 9) menunjukkan kondisi pekerjaan pada stasiun kerja tersebut cenderung berbahaya (*probably hazardous*) dan berpotensi menimbulkan risiko cedera pada anggota tubuh ekstremitas bagian atas. Perbaikan dengan melakukan rancangan ulang terhadap stasiun kerja dan durasi kerja memberikan penurunan terhadap *strain index score* menjadi 1.5. Hal ini menandakan bahwa hasil rancangan aman (*probably safe*) untuk digunakan, sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil rancangan lebih baik dari kondisi sebelumnya.

## Daftar Pustaka

1. Chaffin, Don B, and Gunnar B.J. Andersen, (1991), *Occupational Biomechanics*, 2<sup>nd</sup> edition, Jhon Willey & Sons.Inc, New York.
2. Drinkaus, Phillip, (1995), *The Strain Index: Using Task Level Outputs To Evaluate Job Risk*, Journal University of Utah, United State of America.
3. Mc Cormick, Ernest, J., Sanders, Mark, S., (1992), *Human Factors In Engineering & Design*, 7<sup>th</sup> Edition, Mc Graw Hill International Edition, United State of America.
4. Moore & Garg, (1995), *Strain index: Distal Upper Extremity Disorders Risk Assessment*, [Online]. Available: <http://www.nexgenergo.com> [2007, March 21].
5. Nexgen Ergonomics, *ErgoIntelligence™ Upper Extrimity Assessment*, [Online]. Available: <http://www.nexgenergo.com> [2007, March 21].
6. Niebel, B., Freivalds, A., (1999), *Methods, Standars & Work Design*, 10<sup>th</sup> edition, Mc Graw-Hill Company, United State of America.
7. Nurmianto, Eko, (2004), *Ergonomi Konsep Dasar dan Aplikasinya*, Guna Widy, Jakarta.
8. Pheasant, Stephen, (1988), *Bodyspace*, Taylor & Francis, United State of America.
9. Snell, Richard, S., Proff., Md., PhD., (1996), *Clinical Anatomy for Medical Students Part Two*, Terjemahan Drs., Med., Adji Dharma & Dr., M.M.C., Mulyani. EGC.
10. Sतालaksana, Iftikar Z., (1979), *Teknik Tata Cara Kerja*, Departemen Teknik Industri – ITB., Bandung.
11. Walpole, Ronald, E., Myers, Raymond, H., (1986), *Ilmu Peluang dan Statistika Untuk Insinyur dan Ilmuan*, ITB., Bandung.
12. Yudiantyo, Wawan, (2004), *Cara Praktis Penggunaan MTM (Methods Time Measurement) 1,2,3*, Cetakan XII., Bandung.