

RISTEK

Jurnal Riset dan Teknologi Fakultas Teknik

Ristek Nomor 3 Jakarta, November 2016



INDEKS VOLUME 3 2016

Universitas Bhayangkara Jakarta Raya



- **Kampus I.** : Jl. Dharmawangsa I No. 1
Kebayoran Baru - Jakarta Selatan
Telp. (021) 7231948, 7267655 Fax. (021) 726765
- **Kampus II.** : Jl. Raya Perjuangan - Bekasi Utara
Telp. (021) 88955882 Fax. (021) 88955871

RISTEK

Vol. 3

No. 3

**Jakarta
November 2016**

**ISSN
2087-8540**

Jurnal Ristek ini menyajikan tulisan-tulisan ilmiah yang memuat hasil-hasil penelitian, ulasan-ulasan ilmiah serta membahas penelitian yang menjadi obyek kajian pada umumnya.

Jurnal Ristek ini diterbitkan oleh lembaga penelitian Teknik informatika Universitas Bhayangkara Jakarta Raya (UBHARA JAYA).

Untuk menjamin berlangsungnya penerbitan Jurnal Ristek ini, sumbangan tulisan dan atau resensi serta referensi buku-buku ilmiah sangat dihargai. Karangan ilmiah dan tinjauan buku-buku yang diterbitkan, sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

Penanggung Jawab :

Ir. Achmad Muhazir, M.T.

Tim Pengarah :

1. IB. Ardhana Putra, Ph.D.
2. Evi Siti Sofiyah, Ph.D.
3. Dr. Hj. Silvia Nurlaila, S.Pd., S.E., M.M.
4. Drs. R. Bagus Harry S.

Dewan Redaksi

1. Dr. Yos Uly, Ir. MBA., M.M.
2. Dr. Supiyanto, M.Si.
3. Ismaniah, S.Si., M.M.
4. Reni Masrida, S.T., M.T.

Sekretariat :

1. Prio Kustanto, S.T.

Kata Pengantar

Assalamualaikum, Wr., Wb

Atas rahmat dan karunia dari Tuhan Yang Maha Esa, Fakultas Teknik Universitas Bhayangkara Jakarta Raya dapat menerbitkan Jurnal RISTEK Fakultas Teknik Volume 3 No. 3 bulan November 2016.

Jurnal RISTEK Fakultas Teknik ini merupakan ajang peningkatan dan pengembangan Tridharma Perguruan Tinggi khusus dalam bidang penelitian dan karya ilmiah Dosen yang dipublikasikan sehingga diharapkan terjadi peningkatan Akreditasi.

Jurnal RISTEK Fakultas Teknik ini merupakan hasil kerja dari penulis, tim redaksi dan partisipasi dari civitas akademika Universitas Bhayangkara Jakarta Raya. Sehingga jurnal ini dapat dimanfaatkan oleh dosen-dosen tetap atau tidak tetap dan berguna bagi pembaca.

Jakarta, November 2016

Penanggung Jawab

Ir. Achmad Muhazir, M.T

DAFTAR ISI

	Halaman
Perancangan Aplikasi Pencarian Ketersediaan Obat Menggunakan RAD (<i>Rapid Application Development</i>) Berbasis Android Pada Apotek Vila Syifa Di Kabupaten Lampung Selatan Ratna Salkiawati, S.T., M.Kom.	1-9
Analisa Dan Perancangan Sistem Terintegrasi Data Siswa Pada Yayasan Al-Husna Waziadah Kabupaten Dwipa Handayani, S.Kom, M.Si.	10=17
Sistem Pendeteksi Serangan dalam Serangan Jaringan Komputer Menggunakan Metode <i>Intrusion Detection</i> Sistem pada Linux Ubuntu 16.04 LTS Dani Yusuf, S.Kom., M.Kom.	18-25
Perancangan Sistem Pemesanan Jasa Perbaikan Komputer Dengan <i>Location Based Services</i> (LBS) Berbasis Android Dwi Budi Srisulistiowati, S.Kom., M.M.	26-36
Pengembangan Aplikasi Sistem Informasi <i>Virtual Tour</i> Berbasis E-Panorama Untuk Kampus Universitas Bhayangkara Jakarta Raya Mukhlis, S.Kom., M.T.	37-45
Analisa Desain Sistem Pendaftaran Pemasangan Baru PDAM Dengan Menggunakan Metode <i>User Centered Design</i> UCD di PDAM Tirta Bhagasasi Kabupaten Bekasi Rakhmat Purnomo, S.Kom, M.Kom.	46-53
Perancangan Sistem Informasi Pelaporan Penyampaian SPT Masa Oleh Wajib Pajak Berbasis Mobile Android Kusdarnowo Hantoro, S.Kom., M.Kom.	54-61
Aplikasi <i>Reporting</i> Dan Inventaris Pada Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Bhagasasi Bekasi Menggunakan <i>Quick Responed Code</i> (QR-CODE) dan Web Tyastuti Sri Lestari, S.Si., M.M.	62-68
Animasi Bahasa Isyarat Indonesia Sebagai Sarana Informasi Bagi Penyandang Tunarungu Pada Commuterline Jabodetabek Hendarman Lubis, S.Kom., M.Kom.	69-75
Implementasi Metode <i>Prototyping</i> Pada Perancangan Aplikasi Inventori Barang Dengan Masa Kedaluwarsa Allan Desi Alexander, S.T., M.Kom.	76-82
Analisis Dan Usulan Perbaikan Pada Proses Pengecatan Excavator 320d Dengan Konsep Six Sigma Oki Widhi Nugroho, S.T., M.Eng.	83-89
Pengendalian Kualitas Pada Proses <i>Welding Panel Door</i> Mobil Suzuki Futura (Y9J) Menggunakan Alat Bantu <i>Statistical Process Control</i> (SPC) di PT. Suzuki Indomobil Motor Plant Tambun II Helena Sitorus, S.T., M.T.	90-100

	Halaman
Usulan Penggunaan Troli Untuk Mengefisienkan Waktu Baku Dan Mengurangi Beban Kerja Pada Proses Muat Di PT. XYZ <i>Andi Turseno, S.T., M.T.</i>	101-114
Perbandingan Postur Kerja Posisi Berdiri Operator Mesin <i>Stamping</i> yang Ergonomi Dan Non Ergonomi Dengan Menggunakan Metode Anova (<i>Analysis Of Variance</i>) <i>Two Way</i> (Studi Kasus Di PT. Rizki Asa Buana) <i>Rony O. Kawi, Ir., M.M.</i>	115-128
Usulan Perbaikan Tata Letak Fasilitas Lantai Produksi Guna Meminimumkan Jarak dan Ongkos Material Handling di Ud. Sri Jaya <i>Sonny Nugroho Aji, S.TP., M.T.</i>	129-134
Analisis Kegagalan Proses Produksi <i>Pipe Collar</i> Dengan Menggunakan Metode <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA) Di PT. Bannex Indonesia <i>Roberta Heni Anggüt Tanishi, S.T., M.T.</i>	135-141
Analisa Penyebab Kegagalan Potensial Pada Proses Produksi <i>Rubber Coumpound</i> T945 dengan Metode FMEA Studi Kasus Di PT.NOK Indonesia <i>Agustinus Yunan Pribadi, S.T., M.T.</i>	142-149
Perancangan Sistem Informasi Persediaan Raw Material Dengan Menggunakan Metode UML (<i>Unified Modeling Language</i>) (Studi Kasus Di PT. Sinpro) <i>Ainun Nadia, S.T, M.T.</i>	150-170
Analisis Pengaruh Pelatihan Terhadap Produktivitas Karyawan Pada Bagian <i>Stamping</i> (Studi Kasus PT. Sebastian Jaya Metal) <i>Daonil, S.T., M.T.</i>	171-178
Menurunkan Biaya Detention Dengan Analisa Kelayakan Pembeli Peti Kemas Pada PT. XYZ <i>Apriyani, S.T., M.T.</i>	179-196
Pengaruh Variabel Interaksi Sosial Pada <i>Teaching Realtime</i> Terhadap Kualitas Pembelajaran <i>Blended Learning</i> <i>Ismaniah, S.Si., M.M.</i>	197-207

**PERBANDINGAN POSTUR KERJA POSISI BERDIRI OPERATOR
MESIN STAMPING YANG ERGONOMI DAN NON ERGONOMI
DENGAN MENGGUNAKAN METODE ANOVA
(ANALYSIS OF VARIANCE) TWO WAY
(STUDI KASUS DI PT RIZKI ASA BUANA)**

**Rony O. Kawi¹, Intan Mardayanti²
Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik
Universitas Bhayangkara Jakarta Raya**

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan antara postur kerja posisi berdiri operator yang ergonomi dan non ergonomi. Pengumpulan data primer dan sekunder digunakan sebagai metode pengumpulan pada penelitian ini. Data primer berupa data operator dan hasil output produksi adalah data yang berasal dari perusahaan, sedangkan data sekunder berupa dimensi tubuh operator dan denyut jantung operator adalah hasil pengamatan penulis. Kedua data tersebut disubstitusikan ke dalam bentuk tabel maupun grafik sebagai data baku. Hasil penelitian menunjukkan adanya perbandingan yang signifikan antara postur kerja posisi berdiri yang ergonomi dan non ergonomi ditinjau dari aspek pendukung. Hasil penelitian ini diharapkan mampu menjadi saran usulan perbaikan bagi manajemen PT. Rizki Asa Buana agar menerapkan konsep ergonomi.

Kata kunci: *Ergonomi, Produktifitas, Postur Kerja, Denyut Jantung.*

Abstract

This study aims to determine the comparison between the working posture of the operator's ergonomic and non ergonomic position. Collection of primary and secondary data was used as a collection method in this study. Primary data in the form of operator data and production output results are data originating from the company, while secondary data in the form of operator body dimensions and operator heart rate are the results of the author's observations. Both data are substituted into tables and graphs as standard data. The results showed a significant comparison between the working posture position of ergonomics and non ergonomics in terms of supporting aspects. The results of this study are expected to be able to be suggestions for improvement proposals for the management of PT. Rizki Asa Buana to apply the concept of ergonomics.

Keywords: *Ergonomics, Productivity, Work Posture, Heart Rate.*

PENDAHULUAN

Pelaksanaan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) merupakan salah satu dari bentuk usaha menciptakan tempat kerja yang aman, sehat, bebas dari pencemaran lingkungan, sehingga mampu menurunkan bahkan menghilangkan kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja yang diharapkan mampu meningkatkan efisiensi dan produktifitas kerja.

International Labor Organization (ILO), menurut (Kuswana, 2014) mendefinisikan bahwa ergonomi adalah implementasi berdasarkan ilmu pengetahuan biologi manusia dengan pengetahuan rekayasa untuk mencapai sejumlah penyesuaian dan timbal balik dari pekerja dalam melakukan pekerjaan, manfaatnya dapat diukur dari efisiensi, kesehatan, dan kesejahteraan.

Salah satu faktor terpenting bagi perusahaan adalah operator / pekerja, akan tetapi dewasa ini masih terdapatnya perusahaan yang belum mencukupi pemenuhan dalam fasilitas kerja. Lebih kurangnya masih terdapat perusahaan yang belum dilengkapi dengan sistem yang sesuai dengan ke-ergonomis-an dalam pemenuhan fasilitas kerja pada proses produksi yang dilakukan, sehingga sering terjadinya keluhan-keluhan kerja yang dialami oleh operator. Keluhan tersebut terjadi karena belum adanya pendukung atas fasilitas dan lingkungan kerja yang ergonomi dan sesuai dengan postur tubuh saat operator bekerja.

PT. Rizki Asa Buana merupakan perusahaan manufaktur berupa stamping parts and cutting service, dimana proses produksi tersebut melibatkan mesin stamping yang dioperasikan langsung oleh seorang operator. Dalam kasus ini terdapat enam operator yang bekerja dalam posisi tidak ergonomi.

Tabel 1.1 Data Diri Operator

No.	Nama operator	Usia (tahun)	Tinggi badan (cm)	Berat badan (kg)
1	Irfan	21	165	55
2	Dwi Purwanto	37	158	50
3	Frendi	22	160	57
4	Ahmad	19	168	58
5	Ari	21	167	56
6	Amrulloh	21	157	53
Rata-rata		23,5	162,5	54,8



Gambar 1.2 Postur Kerja Tidak Ergonomi

Tabel 1.2 Kuesioner NBM Sebelum Perbaikan

No.	Bagian	Tidak sakit	Sakit	Jumlah (operator)
0	Sakit kaku pada bagian leher atas	2	4	6
3	Sakit pada bahu kanan	2	4	6
5	Sakit pada bagian punggung	1	5	6
11	Sakit pada siku kanan	3	3	6
15	Sakit pada pergelangan tangan kanan	0	6	6
7	Sakit pada pinggang	0	6	6
8	Sakit pada pantat (buttock)	3	3	6
20	Sakit pada lutut kiri	1	5	6
21	Sakit pada lutut kanan	0	6	6

Tabel 1.3 Pengukuran Postur Kerja dengan REBA

No.	Operator ke :	Posisi kerja ke - 1		Posisi kerja ke - 2		Posisi kerja ke - 3	
		Level resiko	Action	Level resiko	Action	Level resiko	Action
1	1	3 - rendah	Mungkin perlu	4 - sedang	Perlu	8 - tinggi	Perlu segera
2	2	5 - sedang	Perlu	3 - rendah	Mungkin perlu	11 - sangat tinggi	Perlu saat ini juga
3	3	6 - sedang	Perlu	6 - sedang	Perlu	8-10 - tinggi	Perlu segera
4	4	4 - sedang	Perlu	4 - sedang	Perlu	4 - sedang	Perlu
5	5	3 - rendah	Mungkin perlu	3 - rendah	Mungkin perlu	4-6 - sedang	Perlu
6	6	4-6 - sedang	Perlu	3 - rendah	Mungkin perlu	8 - tinggi	Perlu segera

Tabel 1.4 Denyut Jantung Sebelum Perbaikan

No sampel	Nama operator	Denyut sebelum bekerja (per-menit)	Denyut setelah bekerja (per-menit)
1	Irfan	98	135
2	Dwi Purwanto	95	138
3	Frendi	96	140
4	Ahmad	99	137
5	Ari	97	136
6	Amrulloh	95	139
Rata-rata		96,7	137,5

Tabel 1.5 Output dan Cost Produksi

No. Sampel	Sebelum perbaikan Qty	Jumlah
1	265	174.105
2	262	172.134
3	260	170.820
4	263	172.791
5	264	173.448
6	261	171.477
Total	1.575	1.034.775

LANDASAN TEORI

1.1 Ergonomi

Ergonomi didefinisikan sebagai studi mengenai aspek-aspek manusia dalam lingkungan kerjanya yang ditinjau secara anatomi, fisiologi, psikologi, engineering, manajemen, dan desain/ perancangan (Nurmianto, 2003).

Dalam arti lain, ergonomi merupakan disiplin ilmu yang mempelajari sistem pada perilaku manusia didalam pekerjaannya. Studi ergonomi menekankan kepada fasilitas kerja dan lingkungannya yang saling berkaitan dengan harapan agar mampu menyesuaikan suasana kerja dengan manusia.

Target utama dalam ilmu ergonomi adalah manusia dengan sistem kerja dalam lingkungannya. Secara detail bahwa ergonomi ingin melakukan penyesuaian tugas pekerja terhadap keadaan para pekerja dengan tujuan menekan terjadinya stress, keluhan kerja, dan kebosanan kerja yang signifikan agar tidak mempengaruhi produktifitas dan efisiensi kerja.

1.2 Pengertian Produktifitas

Produktifitas sering diartikan dengan efisiensi dalam arti suatu perkiraan antara keluaran (output) dan masukan (input). Adapun faktor yang menjadi input dalam menentukan tingkat produktifitas adalah:

1. Tingkat pengetahuan (degree of knowledge).
2. Kemampuan teknis (technical skill).
3. Metodologi kerja dan pengaturan organisasi (managerial skill).
4. Motivasi kerja.

Dalam arti lain, kinerja atau performance memiliki arti suatu kenampakan hasil atau prestasi dari suatu kejadian dan kemampuan bekerja (Arimbawa, 2010).

Kinerja merupakan catatan hasil pekerjaan atau output yang telah dicapai dari suatu kegiatan atau pekerjaan selama periode tertentu. Dalam penjelasan lebih lanjut ditambahkan pula bahwa kinerja seorang pekerja sangat tergantung pada kemampuan usaha kerja dan kesempatan kerja.

Dalam upaya peningkatan kinerja atau performance seorang pekerja yang optimal, maka perlu dipertimbangkan mengenai:

- a. Potential performance, yaitu kekuatan atau daya yang dimiliki pekerja dan.

- b. Actual performance, yang merupakan tingkatan prestasi kerja yang nyata sebagai keluaran (output).

1.2.1 Keluhan Kerja

Keluhan kerja yang dimaksudkan adalah ungkapan perasaan yang dirasakan oleh seorang pekerja dalam melakukan pekerjaan, seperti: beban kerja, keluhan musculoskeletal dan kelelahan. Ketiga hal tersebut merupakan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi tingkat kinerja (level of performance) seorang pekerja dalam menjalankan tugasnya.

1.2.2 Kebosanan Kerja

Kebosanan secara singkat adalah situasi dengan stimulus yang rendah berulang-ulang atau dengan tuntutan fisik dan mental yang rendah akan menimbulkan stimulus yang kecil pula pada daerah kesadaran di otak manusia. Dalam dunia kerja, kebosanan kerja menjadi sangat penting untuk mendapat perhatian mengingat bahwa hal tersebut akan dapat mempengaruhi produktifitas kerja. Alternatif yang dipilih secara partisipatori berdasarkan kemudahan untuk dilakukan adalah dengan istirahat pendek aktif disela-sela waktu kerja. Dengan adanya istirahat aktif diupayakan kebosanan dalam melakukan aktifitas dapat terpecahkan.

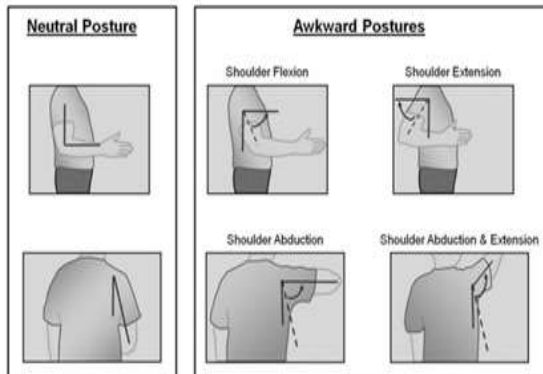
1.2.3 Produktifitas Kerja

Produktifitas diartikan sebagai kemampuan mengubah masukan (input) dan menggunakan sumber daya untuk menghasilkan keluaran (output) yang berupa barang atau jasa. Produktifitas dapat diketahui dengan pendekatan multi disiplin yang secara efektif merumuskan tujuan dan pelaksanaan dengan menggunakan sumber daya secara efisien namun tetap menjaga kualitas.

Pengertian produktifitas berkaitan erat dengan sistem produksi yaitu sistem pengolahan dengan cara yang terorganisir mengenai tenaga kerja, modal atau kapital berupa mesin, peralatan kerja, bahan baku, bangunan, untuk mewujudkan barang atau jasa secara efektif dan efisien. Peningkatan produktifitas dapat dicapai dengan menekan sekeci-kecilnya segala biaya termasuk pemanfaatan sumber daya manusia dan meningkatkan keluaran (output) yang sebesar-besarnya. Kesimpulan dari produktifitas adalah usaha peningkatan mengenai output dan input demi efisiensi.

1.2.4 Sikap Tubuh

Fasilitas kerja akan mempengaruhi efisiensi, efektifitas dan produktifitas kerja, karena berkesinambungan dengan pekerja dan interaksinya. Postur kerja yang tidak sesuai dalam bekerja, contohnya sikap menjangkau benda yang melampaui jangkauan tangan kebih baik dihindari. Jika tidak memungkinkan untuk dihindari, upayakan agar beban statiknya lebih kecil.



Gambar 2.1 Sikap Tubuh Ergonomi dan Non Ergonomi

1.2.5 Keuntungan dan Kerugian Posisi Kerja

1.3 Denyut Jantung

Menurut (Nurmianto, 2003) peningkatan denyut jantung mampu disebabkan oleh beberapa hal, diantaranya:

1. Suhu lingkungan kerja yang meningkat.
2. Otot statis yang mengalami pembebanan, dan
3. Berkurangnya sistem otot yang terlibat dalam suatu pekerjaan.

Tabel 2.1 Kategori Beban Kerja Berdasarkan Denyut Jantung

No.	Rentang (denyut per-menit)	Kategori beban kerja
1.	60 – 75	Sangat ringan = Istirahat
2.	75 – 100	Ringan
3.	100 – 125	Sedang
4.	125 – 150	Berat
5.	150 – 175	Sangat berat
6.	> 175	Ekstrim

1.4 Jumlah Kalori Berdasarkan Beban Kerja

Keluhan yang dialami oleh pekerja setelah melakukan pekerjaan dapat disebut sebagai beban kerja (Ergonomi Fit, 2011). Pengaruh beban kerja yang sangat signifikan dapat menurunkan produktifitas dan efisiensi para pekerja, dan beban kerja merupakan elemen yang dapat mempengaruhi tingkat keselamatan dan kesehatan tenaga kerja.

Pergerakan otot selalu dikaitkan dengan kerja beban fisik. Maka salah satu faktor untuk memenuhi dalam pergerakan otot diperlukan oksigen. Oksigen akan dibawa melalui darah menuju saraf otot untuk diubah menjadi pembakaran zat agar menghasilkan energi, sedangkan untuk menghitung kalori adalah menghitung asupan energi. Energi yang baik selalu dihasilkan dari sumber makanan yang mengandung karbohidrat, lemak, dan protein.

Metabolisme Basal (MB) merupakan jumlah minimum energi yang diperlukan tubuh seseorang agar mampu mempertahankan siklus dasar dalam satuan kalori per satuan waktu. Metabolisme basal bagi pria adalah berat badan (kg) dikali 1 Kkal/jam. Dan untuk Metabolisme basal bagi wanita adalah berat badan (kg) dikali 0,9 Kkal/jam.

Berdasarkan peraturan Menteri Tenaga Kerja (Kep. No. 51 Tahun 1999) adapun kategori beban kerja lainnya untuk pemenuhan kebutuhan kalori adalah sebagai berikut:

1. Pekerjaan ringan yakni pekerjaan yang memerlukan kalori sebagai keluaran energi sebanyak 100 Kkal/jam sampai dengan 200 Kkal/jam.
2. Pekerjaan sedang yakni pekerjaan yang memerlukan kalori sebagai keluaran energi akan lebih banyak dari 200 Kkal/jam sampai 350 Kkal/jam.
3. Pekerjaan dengan kategori berat, yakni pekerjaan yang memerlukan kalori sebagai keluaran energi akan melebihi 350 Kkal/jam hingga 500 Kkal/jam.

No.	Pekerjaan	Beban Kerja			
		1 (100)	2 (200)	3 (350)	4 (500)
1	Pekerjaan sangat ringan	0,30	0,40	0,50	0,60
	Kategori I (sangat ringan)	0,70	1,00	1,30	1,70
	Kategori II (ringan)	1,20	1,40	1,70	2,00
2	Pekerjaan dengan beban sedang	0,80	1,20	1,50	1,80
	Kategori I (sedang)	1,80	1,90	2,20	2,50
	Kategori II (berat)	2,70	2,80	2,90	3,00
3	Pekerjaan dengan beban berat	1,20	1,30	1,40	1,50
	Kategori I (sangat berat)	2,20	2,30	2,40	2,50
	Kategori II (ekstrim)	3,20	3,30	3,40	3,50
4	Pekerjaan dengan beban ekstrim	0,70	0,80	0,90	1,00
	Kategori I (sangat ekstrim)	0,70	0,80	0,90	1,00
	Kategori II (ekstrim)	1,00	1,10	1,20	1,30
	Kategori III (sangat ekstrim)	1,30	1,40	1,50	1,60

Gambar 2.2 Perkiraan Beban Kerja

$$\text{Rata - rata BK} = \frac{(BK_1 * T_1) + (BK_2 * T_2) + \dots + (BK_n * T_n)}{T_1 + T_2 + \dots + T_n} * 60 \frac{\text{kkal}}{\text{jam}} \quad (2.1)$$

$$\text{Total BK} = MB + \text{Rata - rata BK} \quad (2.2)$$

Keterangan :

1. BK = beban kerja per-jam
2. BK1, BK2, BK3, BK_n = beban kerja sesuai aktifitas kerja ke-1, 2, 3, dan seterusnya dalam satuan menit.
3. T1, T2, T3, T_n = waktu saat aktifitas kerja ke-1, 2, 3, dan seterusnya dalam satuan menit.
4. T = waktu dalam satuan menit.
5. MB = metabolisme basal.

1.5 Periode Waktu Kerja dan Istirahat

Apabila pekerja menghasilkan energi selama bekerja hingga 5,2 Kkal/menit, maka seketika kelelahan (fatigue) dalam bekerja akan dirasakan oleh pekerja. Persediaan energi sebanyak 25 Kkal dalam tubuh dimiliki oleh seorang pekerja sebelum munculnya asam laktat sebagai acuan dimulainya waktu istirahat. Persediaan energi akan berkurang terus menerus jika pekerja melebihi 5,0 Kkal per-menit, dan persediaan energi akan terbentuk kembali selama waktu istirahat terjadi (Nurmianto, 2003).

1.5.1 Periode Waktu Kerja

Untuk menghitung waktu kerja seorang operator dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$T_w = \frac{E}{E-5,0} \quad (2.3)$$

Dengan ketentuan:

1. TW = waktu kerja (working time) dalam menit.
2. E = konsumsi energi selama pekerjaan berlangsung (Kkal/menit).
3. E - 5,0 = habisnya cadangan energi (Kkal/menit).

1.5.2 Periode Waktu Istirahat

Beberapa faktor dari periode waktu istirahat adalah:

1. Durasi waktu istirahat mampu mengembalikan cadangan energi para pekerja.
2. Tingkat cadangan energi yang dapat dihasilkan adalah 5,0 - jumlah energi selama istirahat (Kkal/menit).

Untuk menghitung periode istirahat dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$T_R = \frac{\text{Cadangan tubuh dalam jumlah energi}}{5 - \text{jumlah energi dalam istirahat}} \quad (2.4)$$

1.6 Keluhan Musculoskeletal

Keluhan pada sistem musculoskeletal adalah keluhan pada bagian-bagian otot skeletal yang dirasakan oleh seseorang mulai dari keluhan sangat ringan sampai sangat sakit (Arimbawa, 2010).

Keluhan musculoskeletal dikelompokkan menjadi dua, diantaranya:

1. Keluhan sementara (reversible), yaitu keluhan otot yang terjadi pada saat otot menerima beban statis, dan
2. Keluhan menetap (persistent), yaitu keluhan otot yang bersifat menetap.

1.7 Metode NBM

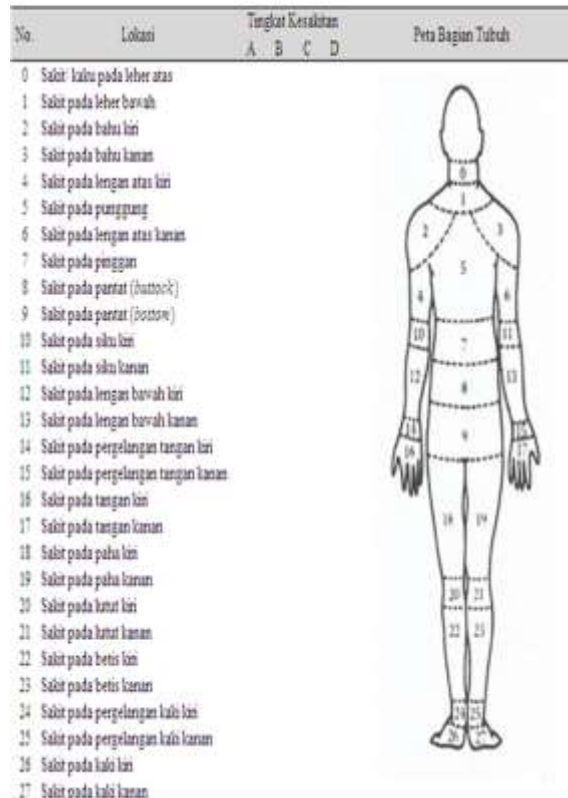
NBM merupakan metode yang digunakan untuk menilai tingkat keparahan (severity) atas terjadinya gangguan atau cedera pada otot-otot skeletal. Metode NBM merupakan metode penilaian yang sangat subjektif, artinya keberhasilan aplikasi metode ini sangat tergantung dari situasi dan kondisi yang dialami pekerja pada saat dilakukan penilaian. Metode ini telah digunakan secara luas oleh para ahli ergonomi untuk menilai tingkat keparahan gangguan pada sistem musculoskeletal yang mempunyai validasi dan rehabilitasi yang baik.

Untuk mengetahui letak rasa sakit atau ketidak nyamanan pada tubuh pekerja menggunakan kuesioner yaitu Nordic Body Map. Kuesioner ini menggunakan gambar tubuh manusia yang sudah dibagi menjadi 9 bagian utama, yaitu: leher; bahu; punggung bagian atas; siku; punggung bagian bawah; pergelangan tangan/ lengan; pinggang/ pantat; lutut; tumit/ kaki.

NORDIC BODY MAP QUESTIONAIRE

Anda diminta untuk menilai apa yang anda rasakan pada bagian tubuh yang ditunjukkan pada gambar. Apakah bagian tubuh yang sudah diberikan nomor tersebut tidak terasa sakit (gali A), sedikit sakit (gali B), sakit (gali C), dan sangat sakit (gali D).

Pilih dengan memberikan tanda (√) pada balok huruf pilihan Anda.



Gambar 2.3 Kuesioner NBM

1.8 Metode ANOVA two way

1. Tahap 1. Membuat H_a dan H_o dalam bentuk suatu kalimat.
2. Tahap 2. Membuat H_a dan H_o model statistik.
3. Tahap 3. Membuat tabel penolong untuk menghitung angka statistik.
4. Tahap 4. Mencari Jumlah Kuadrat Total (JK_T):

$$JK_T = \sum X_T^2 - \frac{(\sum X_T)^2}{N} \quad (2.5)$$

5. Tahap 5. Mencari Jumlah Kuadrat antar Grup A (JK_A), dapat dilihat pada persamaan:

$$JK_A = \left(\sum \frac{(\sum X_A)^2}{n_A} \right) - \frac{(\sum X_T)^2}{N} \quad (2.6)$$

6. Tahap 6. Mencari Jumlah Kuadrat antar Grup B (JK_B), dapat dilihat pada persamaan:

$$JK_B = \left(\sum \frac{(\sum X_B)^2}{n_B} \right) - \frac{(\sum X_T)^2}{N} \quad (2.7)$$

7. Tahap 7. Mencari Jumlah Kuadrat antar Grup A dan B (JK_{AB}), dapat dilihat pada persamaan:

$$JK_{AB} = \left(\sum \frac{(\sum X_{AB})^2}{n_{AB}} \right) - \frac{(\sum X_T)^2}{N} - JK_A - JK_B \quad (2.8)$$

8. Tahap 8. Mencari Kuadrat Dalam (residu) antar grup (JK_D), dapat dilihat pada persamaan:

$$JK_D = JK_T - JK_A - JK_B - JK_{AB} \quad (2.9)$$

9. Tahap 9. Mencari derajat kebebasan (dk_A ; dk_B ; dk_{AB} ; dk_D ; dk_T), dapat dilihat pada persamaan dari masing-masing:

$$dk_A \text{ (Baris)} = b - A \quad (2.10)$$

$$dk_B \text{ (Kolom)} = k - A \quad (2.11)$$

$$dk_{AB} \text{ (Interaksi)} = (dk_A) \cdot (dk_B) \quad (2.12)$$

$$dk_D \text{ (Residu)} = N - (b) \cdot (k) \quad (2.13)$$

$$dk_T \text{ (Total)} = N - 1 \quad (2.14)$$

10. Tahap 10. Mencari Kuadrat Rerata antar grup (KR_A ; KR_B ; KR_{AB} ; KR_D), dapat dilihat pada persamaan:

$$KR_A = \frac{JK_A}{dk_A}; KR_B = \frac{JK_B}{dk_B}; KR_{AB} =$$

$$\frac{JK_{AB}}{dk_{AB}} \text{ dan } KR_D = \frac{JK_D}{dk_D} \quad (2.15)$$

11. Tahap 11. Mencari nilai F_{hitung} (F_A ; F_B ; F_{AB}) masing-masing dapat dilihat pada persamaan:

$$F_A = \frac{KR_A}{KR_D}; F_B = \frac{KR_B}{KR_D} \text{ dan } F_{AB} = \frac{KR_{AB}}{KR_D} \quad (2.16)$$

12. Tahap 12. Mencari nilai F_{tabel} (F_A ; F_B ; F_{AB}) masing-masing dapat dilihat pada persamaan:

$$F_A \text{ (Tabel)} = F_{A(\alpha)} (dk A; dk D) \quad (2.17)$$

$$F_B \text{ (Tabel)} = F_{B(\alpha)} (dk B; dk D) \quad (2.18)$$

$$F_{AB} \text{ (Tabel)} = F_{AB(\alpha)} (dk AB; dk D) \quad (2.19)$$

13. Tahap 13. Menentukan Kaidah Pengujian.

Jika $F_{hitung} \geq F_{tabel}$, maka tolak H_o artinya signifikan.

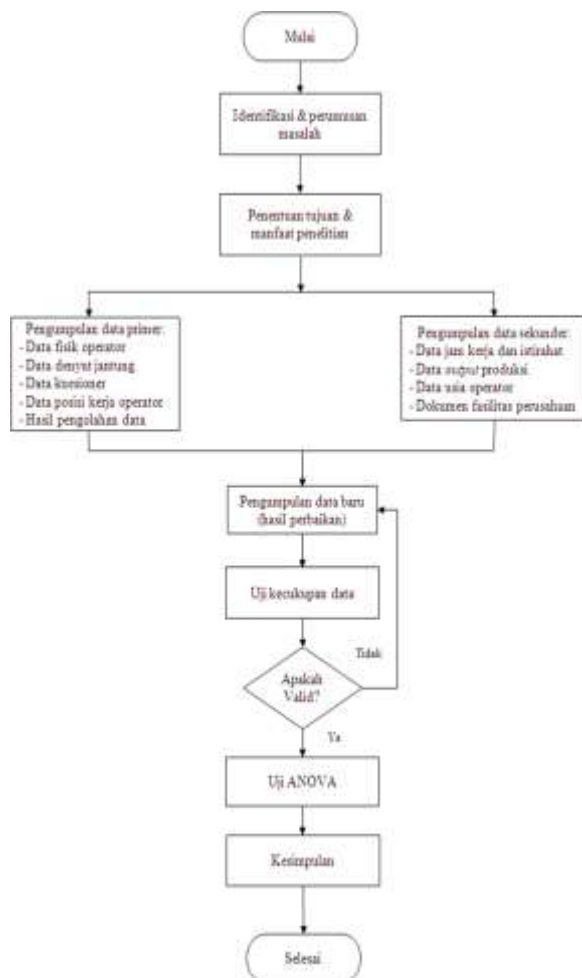
Jika $F_{hitung} \leq F_{tabel}$, maka terima H_o artinya tidak signifikan.

14. Tahap 14. Membuat tabel ringkasan Anova Dua Jalur.

15. Tahap 15. Membuat kesimpulan.

METODOLOGI PENELITIAN

1.9 Kerangka Berfikir



Gambar 3.1 Kerangka Berfikir

1.10 Pengujian Data dengan ANOVA two way

Setelah dilakukan uji kecukupan data, maka data dapat dilanjutkan untuk ke proses selanjutnya. Dalam tahap ini diasumsikan bahwa data yang dipilih berdistribusi normal dan variannya homogen. Berikut tahapan menguji data dengan ANOVA two way.

II. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

2.1 Analisis Data

Pada tahap ini, pengumpulan data diperlukan untuk memperoleh informasi mengenai kondisi di area kerja mesin stamping, dan beberapa faktor yang mempengaruhi lingkungan kerja terhadap produktifitas operator.

1. Faktor fisik

a. Temperatur ruangan

Setelah dilakukan pengamatan dan pengukuran mengenai suhu lingkungan kerja, menggunakan termometer yang disediakan

dilingkungan kerja menunjukkan suhu ruangan kerja antara 280 – 300 C. Untuk standar maksimal suhu ruangan ditempat kerja adalah 340 C. maka disimpulkan bahwa lingkungan kerja masih dalam keadaan normal dan baik bagi para operator.

b. Pencahayaan

Setelah dilakukan pengamatan dan pengukuran mengenai pencahayaan terhadap lingkungan kerja menggunakan aplikasi smart phone, sehingga didapatkan hasil pengukuran dilingkungan kerja tersebut yakni 325 lux. Untuk standar ukuran pencahayaan pabrik minimal adalah 300 lux, maka disimpulkan bahwa pencahayaan pada lingkungan kerja adalah cukup.

c. Kebisingan

Pada pengamatan dan pengukuran ini, tingkat kebisingan diukur menggunakan aplikasi smart phone, sehingga didapatkan hasil pengukuran dilingkungan kerja antara 65 – 78 dB. Untuk ambang batas kebisingan yang mampu diterima oleh pekerja dalam waktu 8 jam kerja adalah 85 dB. Maka dapat disimpulkan bahwa tingkat kebisingan dilingkungan tersebut tergolong rendah dan baik bagi operator dengan didukung APD (Alat Pelindung Diri) yang sesuai dengan standar operasional produksi.

2. Faktor kerja

a. Beban kerja

Berdasarkan (Ergonomi Fit, 2011) , pengamatan dilakukan selama 1 jam (60 menit), dan maksimal pengamatan untuk pengambilan data adalah 4 jam kerja. Pekerjaan operator terbagi menjadi 4 bagian, dimana pekerjaan menekan tombol dalam posisi berdiri selama 30 menit, kemudian meletakkan barang jadi ke polybox dalam posisi berdiri selama 10 menit, kemudian membuang scrap sisa material dalam posisi berdiri selama 10 menit, dan terakhir yakni memindahkan polybox dengan berjalan selama 7 menit. Dalam hal ini kebutuhan kalori berdasarkan energi yang dikeluarkan dari kegiatan kerja dapat dihitung sebagai berikut (data dibawah diperoleh dengan melihat tabel perkiraan beban kerja pada Gambar 2.3. berdasarkan kebutuhan energi).

1. Kegiatan menekan tombol mesin selama 30 menit (pekerjaan dengan dua lengan, dilakukan dengan posisi berdiri).
2. Kegiatan meletakkan barang jadi ke dalam polybox selama 10 menit (pekerjaan dua lengan, dilakukan dengan posisi berdiri).

3. Kegiatan membuang scrap sisa material selama 10 menit (pekerjaan dengan dua lengan, dilakukan dengan posisi berdiri).
4. Kegiatan memindahkan barang dalam polybox ke area finish goods selama 7 menit (kegiatan dengan gerakan tangan, sambil berjalan).

Berdasarkan data diatas, dapat disubstitusikan ke dalam persamaan (2.1) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Rata - rata BK} &= \frac{(BK1 \times T1) + (BK2 \times T2) + (BK3 \times T3) + \dots + (BKn \times Tn)}{T1 + T2 + T3 + \dots + Tn} \times 60 \frac{\text{Kkal}}{\text{jam}} \\
 &= \frac{(2,85 \times 30) + (1,85 \times 10) + (3,85 \times 10) + (11,75 \times 7)}{30 + 10 + 10 + 7} \times 60 \frac{\text{Kkal}}{\text{jam}} \\
 &= \frac{(85,5) + (18,5) + (38,5) + (82,25)}{57} \times 60 \frac{\text{Kkal}}{\text{jam}} \\
 &= \frac{224,75}{57} \times 60 \frac{\text{Kkal}}{\text{jam}} \\
 &= 236,57 \frac{\text{Kkal}}{\text{jam}}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya perhitungan untuk mengetahui metabolisme basal pekerja, dapat disubstitusikan ke dalam persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 MB &= (\text{rata - rata berat badan pekerja}) \times 1 \frac{\text{Kkal}}{\text{jam}} \\
 MB &= 54,8 \times 1 \frac{\text{Kkal}}{\text{jam}} = 54,8 \frac{\text{Kkal}}{\text{jam}}
 \end{aligned}$$

Tahap berikutnya adalah menghitung total beban kerja dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Total BK} &= \text{metabolisme basal} + \text{rata-rata BK} \\
 &= 236,57 + 54,8 = 291,37 \text{ Kkal/jam}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, bahwa beban kerja termasuk dalam pekerjaan sedang yakni pekerjaan yang memerlukan kalori sebagai keluaran energi antara 200 Kkal/jam sampai 350 Kkal/jam (Mentri Tenaga Kerja, 1999).

3. Faktor psikologis

1. Karakteristik operator

Karakteristik operator pada hasil pengamatan mempunyai rentangan usia antara 19 – 37 tahun Dengan rerata 23.5 tahun. Pada rentang usia tersebut seseorang dikatakan mempunyai kapasitas kekuatan otot dan fisik optimum untuk melakukan kegiatan kerja, dan usia 25 tahun

adalah titik tertinggi kemampuan seseorang dalam melakukan aktifitas pekerjaan (Arimbawa, 2010). Dengan demikian operator dikatakan dalam kategori usia produktif sehingga dapat menunjang pengamatan ini.

Fisik dan usia seseorang berbanding lurus, dan puncaknya pada usia 25 tahun. Tinggi badan operator berada pada rentang 157 – 168 cm dengan rerata 162.5 cm sedangkan berat badan operator antara 50 – 58 kg dengan rerata 54.83 kg.

2. Faktor kerja yang berulang

Dalam pengamatan dilingkungan kerja, operator melakukan pekerjaan yang sama (monoton) sampai material yang dicetak habis. Untuk rata-rata pengerjaan dilakukan selama 1,5 sampai 3 jam.

3. Sikap operator terhadap mesin

Berdasarkan pengamatan dan pengukuran postur kerja operator sebelumnya yang tidak ergonomi, maka pada penelitian kali ini adalah mengenai pengamatan serta pengukuran postur kerja operator yang sudah dilakukan perbaikan posisi menjadi lebih ergonomi.



Gambar 4.1 Postur Kerja Setelah Perbaikan

2.2 Perhitungan Waktu Istirahat

Pada penelitian ini, sebelumnya dilakukan pengamatan dan pengukuran terlebih dahulu dari lama nya waktu istirahat sebelumnya. Data diperoleh bahwa:

1. Istirahat pertama setelah bekerja 2 jam (*kyuke I*) pada pukul 10.00 – 10.05.
2. Istirahat kedua setelah bekerja 4 jam terhitung dari waktu awal (istirahat penuh) pada pukul 11.50 – 12.30.

- Istirahat ketiga setelah bekerja 2,5 jam terhitung setelah waktu istirahat penuh (*kyuke* II) pada pukul 15.00 – 15.05.

Berdasarkan informasi tersebut, maka dibuat suatu usulan perhitungan dasar mengenai panjang periode waktu istirahat dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$T_R = \frac{\text{cadangan energi}}{5 - \text{jumlah energi saat istirahat}} = \frac{25}{5 - 1,5} = 7,1 \text{ menit}$$

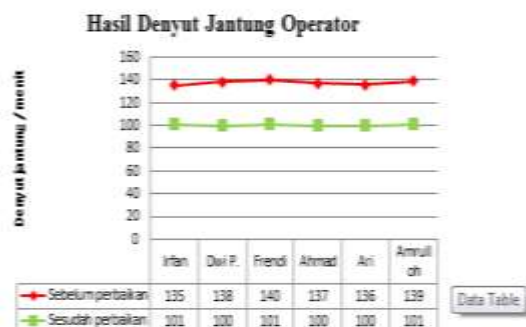
2.3 Analisis Setelah Perbaikan

Setelah diterapkan perbaikan postur kerja posisi berdiri dan penambahan jam istirahat kepada operator, maka dilakukan pengamatan serta pengukuran kembali. Dan dapat dibuat suatu kesimpulan mengenai hasil penelitian setelah perbaikan. Adapun data terkait hasil dari perbaikan meliputi:

- Data hasil kuesioner NBM (Nordic Body Map) setelah dilakukan perbaikan postur kerja berdiri terhadap operator.
- Data denyut jantung operator setelah dilakukan perbaikan dengan penambahan jam istirahat.
- Data hasil output produksi setelah dilakukan perbaikan terhadap postur kerja operator.

Tabel 4.1 Hasil Kuesioner NBM Setelah Perbaikan

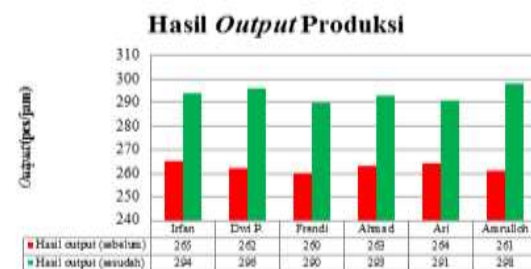
No.	Bagian	Tidak sakit	Sakit	Jumlah (operator)
0	Sakit/luka pada bagian leher atas	5	1	6
3	Sakit pada bahu/kurusi	6	0	6
5	Sakit pada bagian punggung	5	1	6
11	Sakit pada sisi kanan	4	2	6
12	Sakit pada pergelangan tangan/kurusi	6	0	6
7	Sakit pada pinggang	5	1	6
8	Sakit pada permat (betotok)	6	0	6
20	Sakit pada lutut kiri	5	1	6
21	Sakit pada lutut kanan	5	1	6



Gambar 4.2 Hasil Denyut Jantung

Perbandingan dari sebelum perbaikan dan setelah perbaikan berdasarkan denyut jantung, dapat disimpulkan sebagai berikut:

Total denyut jantung sebelum perbaikan: 825
 Total denyut jantung setelah perbaikan: 603
 Total keseluruhan denyut jantung: 1.428
 Selisih denyut jantung sebelum dan setelah perbaikan: 222
 Maka, persentase perbandingan denyut jantung antara sebelum dan sesudah perbaikan :

$$\frac{222}{1.428} \times 100\% = 15,54\%$$


Gambar 4.3 Output Produksi Setelah Perbaikan

Perbandingan dari sebelum perbaikan dan setelah perbaikan berdasarkan output produksi, dapat disimpulkan sebagai berikut:

Total output produksi sebelum perbaikan: 1.575
 Total output produksi setelah perbaikan: 1.762
 Total keseluruhan output produksi: 3.337
 Selisih output produksi sebelum dan setelah perbaikan: 187
 Maka, persentase perbandingan output produksi antara sebelum dan sesudah perbaikan :

$$\frac{187}{3.337} \times 100\% = 5,6\%$$

2.4 Uji Kecukupan Data

Langkah awal adalah membuat tabel penolong dari hasil denyut jantung sebelum perbaikan, untuk mempermudah menghitung angka statistik yang nantinya adakan digunakan dalam persamaan tersebut. Sebagai tabel penolong untuk menghitung data penelitian sebelum perbaikan.

Tabel 4.2 Tabel Penolong Berdasarkan Denyut Jantung Sebelum Perbaikan

No. Sampel	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i)^2$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	135	2,5	18.225	6,25
2	138	0,5	19.044	0,25
3	140	2,5	19.600	6,25
4	137	0,5	18.769	0,25
5	136	1,5	18.496	2,25
6	139	1,5	19.321	2,25
Σ	825	9	113.455	17,5

Maka untuk melanjutkan uji kecukupan data, dilakukan perhitungan:

1. Mencari nilai mean dengan persamaan berikut: $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}$

Maka nilai mean dari data diatas adalah:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{825}{6} = 137,5$$

2. Mencari nilai Standar Deviasi (SD) dengan persamaan berikut:

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(n - 1)}}$$

Maka nilai standar deviasi data diatas adalah:

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(n - 1)}} = \sqrt{\frac{17.5}{5}} = \sqrt{3,5} = 1,87$$

3. Selanjutnya dapat dilakukan uji kecukupan data berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$N^1 = \left(\frac{K/S \sqrt{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right)^2$$

Maka nilai N¹ adalah:

$$N^1 = \left(\frac{K/S \sqrt{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right)^2 = \left(\frac{3/1 \sqrt{6(113.455) - 680.625}}{825} \right)^2 = \left(\frac{3\sqrt{680730 - 680.625}}{825} \right)^2 = \left(\frac{3\sqrt{105}}{825} \right)^2 = \left(\frac{3 \cdot 10,25}{825} \right)^2 = \left(\frac{30,75}{825} \right)^2 = (0,037)^2 = 0,001369$$

a. Mencari Batas atas (BKA) dengan persamaan: $BKA = \bar{x} + K.SD$

Maka untuk nilai BKA adalah:

$$BKA = \bar{x} + K.SD = 137,5 + (3)1,87 = 143,11$$

b. Mencari Batas bawah (BKB) dengan persamaan: $BKB = \bar{x} - K.SD$

Maka untuk nilai BKB adalah:

$$BKB = \bar{x} - K.SD = 137,5 - (3)1,87 = 131,89$$

Berdasarkan perhitungan uji kecukupan data tersebut, terlihat bahwa jumlah data pengamatan yang diambil lebih besar dari jumlah sampel yang

seharusnya diambil ($N < N^1$), sehingga dapat disimpulkan jika jumlah data pengamatan yang diambil adalah **cukup**.

Uji kecukupan data selanjutnya adalah menguji data berdasarkan hasil output produksi sebelum perbaikan. Tahap awal adalah dengan membuat tabel penolong.

Tabel 4.3 Tabel Penolong Berdasarkan Output Produksi

No. Sampel	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i)^2$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	265	2,5	70.225	6,25
2	262	0,5	68.644	0,25
3	260	2,5	67.600	6,25
4	263	0,5	69.169	0,25
5	264	1,5	69.696	2,25
6	261	1,5	68.121	2,25
Σ	1.575	9	413.455	17.5

Berdasarkan perhitungan uji kecukupan data berdasarkan hasil output produksi tersebut, dengan persamaan yang sama terlihat bahwa jumlah data pengamatan yang diambil lebih besar dari jumlah sampel yang seharusnya diambil ($N > N^1$), sehingga dapat disimpulkan jika jumlah data pengamatan yang diambil adalah cukup.

Langkah selanjutnya membuat tabel penolong dari hasil denyut jantung setelah perbaikan, untuk mempermudah menghitung angka statistik yang nantinya adakan digunakan dalam persamaan tersebut. Sebagai tabel penolong untuk menghitung data penelitian sebelum perbaikan.

Tabel 4.4 Tabel Penolong Berdasarkan Denyut Jantung Setelah Perbaikan

No. Sampel	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i)^2$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	101	0,5	10.201	0,25
2	100	0,5	10.000	0,25
3	101	0,5	10.201	0,25
4	100	0,5	10.000	0,25
5	100	0,5	10.201	0,25
6	101	0,5	10.000	0,25
Σ	603	3	60.603	1,5

Berdasarkan perhitungan uji kecukupan data tersebut, dengan persamaan yang sama terlihat bahwa jumlah data pengamatan yang diambil lebih besar dari jumlah sampel yang seharusnya diambil ($N < N^1$), sehingga dapat disimpulkan jika jumlah data pengamatan yang diambil adalah cukup.

Uji kecukupan data selanjutnya adalah menguji data berdasarkan hasil output produksi setelah perbaikan. Tahap awal adalah dengan membuat tabel penolong.

Tabel 4.5 Penolong Berdasarkan Output Produksi Setelah Perbaikan

No. Sampel	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i)^2$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	294	0,3	86.436	0,1
2	296	0,5	87.616	0,25
3	290	3,7	84.100	13,7
4	293	0,5	85.849	0,25
5	291	0,5	84.681	0,25
6	298	4,3	88.804	18,5
Σ	1.762	9,8	517.486	33,02

Berdasarkan perhitungan uji kecukupan data tersebut, dengan persamaan yang sama terlihat bahwa jumlah data pengamatan yang diambil lebih besar dari jumlah sampel yang seharusnya diambil ($N > N1$), sehingga dapat disimpulkan jika jumlah data pengamatan yang diambil adalah cukup.

2.5 Uji ANOVA two way

Dalam uji ini diasumsikan bahwa data dipilih secara random, berdistribusi normal, dan variannya homogen.

- Langkah 1.** Membuat H_a dan H_o dalam bentuk kalimat (hipotesa).

H_a : Adanya perbedaan yang signifikan antara denyut nadi dan hasil produktifitas operator sebelum dan sesudah perbaikan berdasarkan postur kerja yang ergonomi dan non-ergonomi.

H_o : tidak ada perbedaan yang signifikan antara denyut nadi dan hasil produktifitas operator sebelum dan sesudah perbaikan berdasarkan postur kerja yang ergonomi dan non-ergonomi.

- Langkah 2.** Membuat H_a dan H_o dalam bentuk matematis.

$$H_a: X_1 \neq X_2 = X_3 = X_4$$

$$H_o: X_1 = X_2 = X_3 = X_4$$

- Langkah 3.** Membuat tabel penolong untuk menghitung angka statistik. Hasil perhitungan berdasarkan tabel penolong dapat dilihat pada **Tabel 4.12.** sebagai berikut:

Tabel 4.6 Tabel Penolong Uji ANOVA two way

Nama Operator	Sebelum Perbaikan (Non-ergonomi)		Setelah Perbaikan (Ergonomi)		TOTAL			
	Denyut Nadi (per-menit)	Hasil Output (pcs/jam)	Denyut Nadi (per-menit)	Hasil Output (pcs/jam)				
Irfan	135	10.225	265	70.225	101	10.201	294	86.436
Dwi P.	139	19.044	262	68.644	100	10.000	296	87.616
Freandi	140	19.600	260	67.600	101	10.201	290	84.100
Almad	137	18.769	263	69.169	100	10.000	293	85.849
Aris	136	18.496	264	69.696	100	10.000	291	84.681
Annurrah	139	19.321	261	68.121	101	10.201	298	88.804
STATISTIK								
N	6	6	6	6	6	6	6	24
$\Sigma X_{i..}$	825	1.675	603	1.762	1.762	1.762	5.748	1104.999
$\Sigma X_{.ij}^2$	107.50	262.50	100.50	293.67	293.67	1.762	1.762	79417
$\Sigma X_{i..}^2$	825	1.675	603	1.762	1.762	1.762	1.762	1.429

Setelah menempatkan data sesuai dengan tempatnya pada tabel bantu Anova dan mendapatkan nilai hasil yang diperlukan, selanjutnya dapat menghitung ketahap nilai keluaran yang diperlukan untuk analisis varian sebagai berikut:

- Langkah 4.** Mencari jumlah kuadrat total (JK_T) sebagai berikut :

$$JK_T = \sum X_T^2 - \frac{(\sum X_T)^2}{N}$$

Maka,

$$= (\Sigma X_1^2 + \Sigma X_2^2 + \Sigma X_3^2 + \Sigma X_4^2) - \left[\frac{(\Sigma X_1 + \Sigma X_2 + \Sigma X_3 + \Sigma X_4)^2}{N} \right]$$

$$= 1.104.999 - \frac{4.765^2}{24}$$

$$= 158.947,96$$

- Langkah 5.** Mencari jumlah kuadrat antar grup A (JK_A) sebagai berikut :

$$JK_A = \left(\sum \frac{(\Sigma X_A)^2}{n_A} \right) - \frac{(\Sigma X_T)^2}{N}$$

Maka,

$$= \left[\sum \frac{(\Sigma X_A)^2}{n_A} \right] - \frac{(\Sigma X_T)^2}{N}$$

$$= \left[\frac{(\Sigma X_1 + \Sigma X_2)^2}{n_{A1-2}} + \frac{(\Sigma X_3 + \Sigma X_4)^2}{n_{A3-4}} \right] - \left[\frac{(\Sigma X_1 + \Sigma X_2 + \Sigma X_3 + \Sigma X_4)^2}{N} \right]$$

$$= \left[\frac{(825 + 1.575)^2}{12} + \frac{(603 + 1.762)^2}{12} \right] - \left[\frac{4.765^2}{24} \right]$$

$$= 946.102,08 - 946.051,04 = 51,04$$

- Langkah 6.** Mencari jumlah kuadrat antar grup B (JK_B) sebagai berikut :

$$JK_B = \left(\sum \frac{(\Sigma X_B)^2}{n_B} \right) - \frac{(\Sigma X_T)^2}{N}$$

Maka,

$$\begin{aligned}
&= \left[\frac{(\sum X_B)^2}{n_B} \right] - \frac{(\sum X_T)^2}{N} \\
&= \left[\frac{(\sum X_1 + \sum X_3)^2}{n_{A1-3}} + \frac{(\sum X_2 + \sum X_4)^2}{n_{A2-4}} \right] \\
&\quad - \left[\frac{(\sum X_1 + \sum X_2 + \sum X_3 + \sum X_4)^2}{N} \right] \\
&= \left[\frac{(825 + 603)^2}{12} + \frac{(1.575 + 1.762)^2}{12} \right] \\
&\quad - \left[\frac{4.765^2}{24} \right] \\
&= 1.097.896,08 - 946.051,04 \\
&= 151.845,04
\end{aligned}$$

7. **Langkah 7.** Mencari jumlah kuadrat antar grup A dan B (JK_{AB}) sebagai berikut:

$$JK_{AB} = \left(\sum \frac{(\sum X_{AB})^2}{n_{AB}} \right) - \frac{(\sum X_T)^2}{N} - JK_A - JK_B$$

Maka,

$$\begin{aligned}
&= \left(\frac{(\sum X_1)^2}{n_1} + \frac{(\sum X_2)^2}{n_2} + \frac{(\sum X_3)^2}{n_3} + \frac{(\sum X_4)^2}{n_4} \right) \\
&\quad - \frac{(\sum X_T)^2}{N} - JK_A - JK_B \\
&= \left(\frac{(825)^2}{6} + \frac{(1.575)^2}{6} + \frac{(603)^2}{6} \right. \\
&\quad \left. + \frac{(1.762)^2}{6} \right) - \frac{(4.765)^2}{24} \\
&\quad - 51,04 - 151.845,04 \\
&= 1.104.917,16 - 946.051,04 - 51,04 \\
&\quad - 151.845,04 = 6.970,04
\end{aligned}$$

8. **Langkah 8.** Mencari kuadrat dalam (residu) antar grup (JK_D) sebagai berikut:

$$JK_D = JK_T - JK_A - JK_B - JK_{AB}$$

Maka,

$$\begin{aligned}
&= 158.947,96 - 51,04 \\
&\quad - 151.845,04 \\
&\quad - 6.970,04 = 81,83
\end{aligned}$$

9. **Langkah 9.** Mencari derajat kebebasan (dk_A ; dk_B ; dk_{AB} ; dk_D ; dk_T) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
dk_A \text{ (Baris)} &= b - A = 2 - 1 = 1 \\
dk_B \text{ (Kolom)} &= k - A = 2 - 1 = 1 \\
dk_{AB} \text{ (Interaksi)} &= (dk_A) \cdot (dk_B) = 1 \times 1 = 1 \\
dk_D \text{ (Residu)} &= N - (b) \cdot (k) = 24 - (2 \times 2) = 20 \\
dk_T \text{ (Total)} &= N - 1 = 24 - 1 = 23
\end{aligned}$$

10. **Langkah 10.** Mencari kuadrat rerata antar grup (KR_A ; KR_B ; KR_{AB} ; KR_D) sebagai berikut:

$$KR_A = \frac{JK_A}{dk_A} = \frac{51,04}{1} = 51,04$$

$$KR_B = \frac{JK_B}{dk_B} = \frac{151.845,04}{1} = 151.845,04$$

$$KR_{AB} = \frac{JK_{AB}}{dk_{AB}} = \frac{6.970,04}{1} = 6.970,04$$

$$KR_D = \frac{JK_D}{dk_D} = \frac{81,83}{20} = 4,09$$

11. **Langkah 11.** Mencari nilai F_{hitung} (F_A ; F_B ; F_{AB}) masing-masing grup sebagai berikut:

$$F_A = \frac{KR_A}{KR_D} = \frac{51,04}{4,09} = 12,47$$

$$F_B = \frac{KR_B}{KR_D} = \frac{151.845,04}{4,09} = 371.10,80$$

$$F_{AB} = \frac{KR_{AB}}{KR_D} = \frac{6.970,04}{4,09} = 1.703,47$$

12. **Langkah 12.** Mencari nilai F_{tabel} (F_A ; F_B ; F_{AB}) masing-masing grup sebagai berikut:

$$F_{A(Tabel)} = F_{A(\alpha)}(dk_A; dk_D)$$

$$= F_A(0,05)(1: 20) = 4,35$$

$$= F_A(0,01)(1: 20) = 8,10$$

$$F_{B(Tabel)} = F_{B(\alpha)}(dk_B; dk_D)$$

$$= F_B(0,05)(1: 20) = 4,35$$

$$= F_B(0,01)(1: 20) = 8,10$$

$$F_{AB(Tabel)} = F_{AB(\alpha)}(dk_{AB}; dk_D)$$

$$= F_{AB}(0,05)(1: 20) = 4,35$$

$$= F_{AB}(0,01)(1: 20) = 8,10$$

13. **Langkah 13.** Menentukan kaidah pengujian hipotesis.

Jika $F_{hitung} \geq F_{tabel}$, maka tolak H_0 artinya signifikan.

Jika $F_{hitung} \leq F_{tabel}$, maka terima H_0 artinya tidak signifikan.

14. **Langkah 14.** Membuat tabel ringkasan Anova *two way*. Berikut tabel ringkasan Anova.

Tabel 4.7 Ringkasan ANOVA *two way*

Sumber Variansi (SV)	Derajat Kebebasan (DK)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Rerata (KR)	F hitung	F tabel
Antar grup (A) Baris	b - 1	$\left[\sum \frac{(\sum N_{1j})^2}{n_{1j}} \right] - \frac{(\sum N_j)^2}{N}$	$\frac{JK_A}{dk_A}$	$\frac{KR_A}{KR_D}$	$\alpha_{0,05}$ $\alpha_{0,01}$
Dalam grup (B) Kolom	k - 1	$\left[\sum \frac{(\sum N_{ij})^2}{n_{ij}} \right] - \frac{(\sum N_j)^2}{N}$	$\frac{JK_B}{dk_B}$	$\frac{KR_B}{KR_D}$	
Dalam grup (AB) Interaksi	(dk _A)(dk _B)	$\left[\sum \frac{(\sum N_{ij})^2}{n_{ij}} \right] - \frac{(\sum N_j)^2}{N}$	$\frac{JK_{AB}}{dk_{AB}}$	$\frac{KR_{AB}}{KR_D}$	
Dalam grup (D) Residu	N - (b)(k)	$JK_T - JK_A - JK_B - JK_{AB}$	$\frac{JK_D}{dk_D}$	-	-
Total	N - 1	$\sum N_j^2 - \frac{(\sum N_j)^2}{N}$	-	-	-

Tabel 4.8 Hasil ANOVA two way

Sumber Variansi (SV)	Derajat Kebebasan (DK)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Rerata (KR)	F hitung	F tabel
Antar grup (A) Baris	1	51,04	51,04	12,47	
Dalam grup (B) Kolom	1	151.845,04	151.845,04	37.110,80	$\alpha_{0,05} = 4,35$ $\alpha_{0,01} = 8,10$
Dalam grup (AB) Interaksi	1	6.970,04	6.970,04	1.703,47	
Dalam grup (D) Residu	20	81,83	4,09	-	-
Total	23	158.947,95	-	-	-

15. Langkah 15. Membuat kesimpulan.

Dalam hasil penelitian tersebut, dapat disimpulkan berdasarkan hipotesis, bahwa **F_{hitung} lebih besar dari F_{tabel}** yaitu:

12,47 > 4,35; 37.110,80 > 4,35; 1.703,47 > 4,35 untuk tingkat ($\alpha= 0,05$)
 12,47 > 8,10; 37.110,80 > 8,10; 1.703,47 > 8,10 untuk tingkat ($\alpha= 0,01$)

Maka kesimpulannya adalah **tolak H₀** dan **H_a diterima** artinya, adanya perbedaan yang signifikan antara denyut jantung dan hasil produktifitas operator sebelum dan sesudah perbaikan berdasarkan postur kerja yang ergonomi dan non ergonomi.

III. Kesimpulan dan Saran

3.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pengolahan data, maka dapat dibuat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil hipotesa yang dibuat sebagai tolak ukur dalam metode ANOVA two way, maka kesimpulan dari analisa data adalah adanya perbedaan yang signifikan antara denyut jantung sebesar 15.5% dan hasil output produksi sebesar 5,6% antara sebelum dan sesudah perbaikan berdasarkan postur kerja yang ergonomi dan non ergonomi.
2. Berdasarkan hasil pengamatan dan pengukuran, bahwa usulan perbaikan

yakni dengan memperbaiki postur kerja operator untuk mengurangi beban fisik kerja dan penambahan jam istirahat operator guna memaksimalkan energi yang dimiliki operator untuk melakukan aktifitas kerja selanjutnya.

3. Dengan dilakukannya perbaikan, maka hasil dari penelitian menunjukkan adanya perbandingan antara hasil output dan cost produksi.

	Sebelum perbaikan	Setelah perbaikan
Output	1,575	1,762
Cost	1,034,775	1,157,634

Cost produksi yakni dari Rp. 1.034.775,- meningkat menjadi Rp. 1.157.634,- selisih diantara perbandingan tersebut sebesar Rp. 122.859,- per-jam. Jika dikalikan dalam 1 hari kerja (8 jam kerja), maka mempunyai jumlah Rp. 982.872,- per-hari.

Output produksi yakni dari 1.575 meningkat menjadi 1.762 selisih diantara perbandingan tersebut sebesar 187 per-jam. Jika dikalikan dalam 1 hari kerja (8 jam kerja), maka mempunyai jumlah 1.496 per-hari.

3.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan yang telah dibuat, maka penulis menyampaikan beberapa saran dan masukan yang diharapkan mampu dijadikan bahan diskusi dan juga menjadi perbaikan di perusahaan dalam mengimplementasikan penerapan ergonomi industri dilingkungan kerja. Adapun saran yang penulis sampaikan adalah sebagai berikut:

1. Dengan mengulas hasil dari analisa penelitian ini, menunjukkan bahwa dengan memperbaiki periode waktu istirahat operator.
2. Untuk pemberian waktu lembur diharapkan tidak lebih dari 2 jam, karena jumlah jam kerja perhari berdasarkan teori adalah 8 – 10 jam kerja. Jika operator dibebankan dengan waktu jam kerja yang lebih lama akan berpengaruh terhadap kualitas operator dalam bekerja.

DAFTAR PUSTAKA

1) Arimbawa, I. M. (2010). *Redesain Peralatan Kerja Secara Ergonomis*

- (Meningkatkan Kinerja Pembuat Minyak Kelapa Tradisional di Kecamatan Dawan Klungkung). Jimbaran Bali: Udayana University Press.
- 2) *Ergonomi Fit.* (2013, Desember 12). Retrieved Mei 27, 2016, from <http://www.kerja-safety.com>:
<http://www.kerja-safety.com>
 - 3) LEPSK, T. D. (2009). *Buku Ajar Ergonomi dan Perancangan Sistem Kerja*. Surabaya: Universitas Wijaya Putra.
 - 4) Nugraha, H. A., Astuti, M., & Rahman, A. (n.d.). Analisis Perbaikan Postur Kerja Operator Menggunakan Metode RULA Untuk Mengurangi Resiko Musculoskeletal Disorders (Studi Kasus pada Bagian Bad Stock Warehouse PT. X). *Ergonomi Industri*, 229-240.
 - 5) Nurmianto, E. (2003). *Ergonomi: Konsep Dasar dan Aplikasinya*. Surabaya: Guna Wijaya.
 - 6) Oesman, T. I., Yusuf, M., & Irawan, L. (2012). Analisis Sikap dan Posisi Kerja Pada Perajin Batik Tulis di Rumah Batik Nakula Sadewa, Sleman. *Seminar Nasional Ergonomi* (pp. 98 - 103). Yogyakarta: ISBN – 978-602-17085-0-7.
 - 7) Riduwan. (2004). *Metode dan Teknik Menyusun Tesis*. Bandung: Alfabeta.
 - 8) Sarnowo, J. (2006). *Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
 - 9) Suhardi, B. (2008). *Perancangan Sistem Kerja dan Ergonomi Industri (Jilid I)*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.