

Peningkatkan Efisiensi Proses Transformasi Material Melalui Evaluasi Pengembangan Stasiun Kerja Proses Produksi (Paper Pallet)

Pandiono^{1,*}, Dayal Gustopo Setiadjit², and Fuad Achmadi³

¹ Indah Kiat Pulp and Paper, Jakarta 10350, Indonesia

^{2,3} Program Studi Teknik Industri, Program Pascasarjana Magister Teknik, Institut Teknologi Nasional, Malang 65245, Indonesia

* E-mail: pandiono17@gmail.com

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui peningkatan efisiensi proses transformasi material melalui evaluasi pengembangan stasiun kerja proses produksi *paper pallet* di PT xxx. Penelitian ini dilakukan dengan tiga tahap, yaitu; 1) melakukan observasi terhadap postur tubuh pada operator cutting maupun grooving hasilnya diukur melalui simulasi pada *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) dengan indikasi bahwa operator dalam kondisi *High Risk* untuk terkena *Musculoskeletal disorders* (MSDs), 2) simulasi menggunakan software Mannequin Pro diketahui beban torsi pada masing-masing operator mesin *cutting* dan *groove* relatif tinggi yaitu sebesar 8 Nm dan 36 Nm, dan 3) melakukan redesain stasiun kerja dengan dimensi tinggi mesin menjadi 89 cm. Hasil penelitian menunjukkan perancangan baru memberi peningkatan efisiensi pada waktu kerja pembuatan pallet sebesar 4.6 menit/*pallet*, penurunan pada skor RULA di masing-masing tubuh operator mesin cutting maupun mesin *groove* pada skor low Risk berarti operator terbebas dari resiko *Musculoskeletal disorders* (MSDs), uji Software mannequin pro didapat beban torsi masing masing operator sebesar 2 Nm. Signifikansi hasil penelitian ini adalah perancangan stasiun kerja baru dapat menurunkan potensi terjadinya *Musculoskeletal disorders* (MSDs), beban torsi operator dapat meningkatkan waktu pembuatan *paper pallet* sebesar 96%.

Kata Kunci: Beban Torsi, Efisiensi, Rapid Upper Limb Assessment, Waktu Kerja

Pendahuluan

Industri ergonomi berkontribusi untuk meningkatkan efisiensi, keandalan dan kualitas operasi industri [1]. Di sektor manufaktur, penyertaan ilmu Ergonomi yang efektif dalam proses dan instalasi telah terbukti menurunkan biaya yang berkaitan dengan kecacatan, jam ekstra atau lembur, perawatan medis dan premi atau denda untuk kejadian-kejadian diluar rencana [2-3]. Komponen sistem kerja yang paling berpengaruh secara signifikan terhadap produktivitas adalah lingkungan kerja fisik sebesar 30,58% dan organisasi kerja sebesar 19,45% [4], seperti kondisi lingkungan kerja dengan keadaan yang terdapat di sekitar tempat kerja seperti temperatur, kelembaban udara, sirkulasi udara, pencahayaan, kebisingan, getaran mekanis, yang sering mengganggu ketenangan bekerja merupakan kendala yang dapat mengurangi produktivitas, serta interaksi operator terhadap stasiun kerjanya. Sistem kerja yang baik merupakan salah satu faktor penting dalam kemajuan sebuah perusahaan dan merupakan kunci utama keberhasilan dalam rangka meningkatkan produktivitas, meminimalisir terjadinya kecelakaan kerja, penyakit akibat kerja dan efisiensi perusahaan. Rancangan sistem kerja yang dibuat harus disesuaikan dengan kebutuhan pekerja dan perusahaan agar tercipta sistem kerja yang aman, nyaman dan mampu meningkatkan produktivitas kerja [5-7].

PT xxx– Malang Pabrik kertas daur ulang, setiap penjualan roll kertas dibutuhkan pallet untuk pengiriman, yang terbuat dari kayu, adanya kesulitan bahan baku perlu berinovasi dengan tersedianya Box bekas Rokok yang tidak dapat di proses daur ulang sangat berlimpah di dalam pabrik, dapat dimanfaatkan untuk tatakan dari pallet 20 Ton per minggu bias dimanfaatkan 3000 pallet per minggu ,

juga terdapat material core bekas penggulung roll yang sudah tidak terpakai dan sisa potongan core yang tidak terpakai dapat dimanfaatkan untuk kaki core, rata-rata material untuk kaki pallet yang tersedia 500 biji – 1000 biji per hari, Dengan adanya ketersediaan material core bekas dan kardus bekas maka dibuatlah *Paper Pallet*, adanya kebijakan dari top manajemen untuk memakai material core dan kardus bekas untuk pembuatan pallet, sedangkan kendala yang dihadapi pembuatan paper pallet yang dihasilkan belum bisa memenuhi kebutuhan produksi, *demand pallet* perbulan untuk ukuran 89x89 (cm) 1250 *pallet* sedangkan kemampuan produksi hanya 550 *pallet*/bulan pada tahun 2017.

Beberapa permasalahan diatas, perlu perbaikan rantai produksi, Teknik Industri sangat memperhatikan bagaimana semua elemen perusahaan dilihat sebagai suatu sistem terintegrasi operator terhadap stasiun kerja pembuatan paper pallet yang bertujuan untuk mampu memaksimalkan efisien proses maupun memaksimalkan hasil produksi, hasil produksi paper pallet setiap bulannya. Dalam Perspektif sistem dalam industri terbagi beberapa tahap: 1) perspektif struktural memberikan gambaran struktur fisik sistem, bagaimana komponen sistem terkonfigurasi dan terstruktur dalam keseluruhan sistem, 2) perspektif fungsional memberikan pandangan sistem dalam bentuk fungsi – fungsi atau aktivitas-aktivitas yang mengubah masukan – masukan sehingga menjadi keluaran-keluarannya, dan 3) perspektif Boundary memberikan definisi atas batas yang membedakan sistem dengan lingkungannya serta bagaimana hubungan yang terjadi antara sistem dengan lingkungannya.

Dalam memproduksi *paper pallet*, perusahaan saat ini masih kekurangan hasil produksi untuk *paper pallet*, melalui wawancara dengan operator atau pekerja pembuatan *paper pallet* semua dikerjakan secara manual, pekerja mengalami kelelahan dan sering terjadi kecelakaan kerja, karena membutuhkan energi lebih, serta posisi kerja yang tidak ergonomis yang berdampak pada operator, stasiun kerja mesin potong dan *groove* kaki pallet dari posisi dan sikap kerja kurang ergonomis. Melihat kondisi tersebut, maka perlu untuk melakukan penelitian atas sikap kerja, menata kembali gerakan kerja melalui studi ekonomi gerakan para memotong dan *groove* kaki *pallet*, dalam penelitian akan menggunakan data antropometri untuk analisa akan menggunakan RULA dan Mannequin, sehingga operator akan lebih nyaman dan aman dalam bekerja dengan demikian akan mampu untuk mengurangi tingkat kelelahan yang pada akhirnya akan meningkatkan jumlah produksi kaki *pallet* dan diharapkan pula akan dapat meningkatkan produktifitas kerja. Tujuan penelitian mengevaluasi postur tubuh operator *cutting* dan *groove*, mensimulasi ketinggian stasiun kerja untuk menurunkan beban postural operator dan merancang stasiun kerja guna meningkatkan performance operator.

Metode Penelitian

Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif studi yang mengadakan perbaikan dalam suatu keadaan. Perancangan dilakukan terhadap suatu permasalahan yang ada dengan tujuan untuk memperoleh hasil yang lebih baik dari sebelumnya. Untuk mengevaluasi postur tubuh operator terhadap kondisi existing stasiun kerja saat ini, melalui penelitian pendahuluan (pre-test). Hasil dari evaluasi tersebut digunakan sebagai dasar untuk melakukan perbaikan dari stasiun kerja pallet di PT.xxx

Populasi dan Sampel

Populasi penelitian ini adalah karyawan produksi di PT XXX. Besaran sampel ditentukan berdasarkan proporsi dari jumlah populasi seluruh karyawan bagian produksi. Selanjutnya ditetapkan sejumlah 10 Karyawan sebagai sampel didalam penelitian. Kriteria sampel terpilih berdasarkan lama kerja karyawan setidaknya telah bekerja dibagian produksi selama 3 bulan terakhir.

Teknik Pengumpulan Data

Data dikumpulkan dengan melakukan observasi langsung terhadap sampel penelitian. Observasi meliputi antropometri jangkauan tangan ke depan (*tumb tip reach*) dan tinggi siku saat berdiri. Jangkauan tangan kedepan didefinisikan sebagai jarak horizontal dari ujung jari ke pangkal lengan tangan. Sedangkan tinggi siku saat berdiri didefinisikan sebagai jarak vertical dari lantai dasar ke ujung siku tangan pada saat berdiri.

Instrumen Penelitian

Penelitian menggunakan alat biomechanical dari beban postur yang disyaratkan dari pekerjaan (*task demand*) pada leher, trunk dan lengan. Alat ukur yang digunakan adalah *Rapid Upper Limb Assesment* (RULA), dan juga MQ-pro. Selanjutnya digunakan alat ukur meter untuk mengetahui dimensi antropometri dari jangkauan tangan ke depan, maupun tinggi siku saat berdiri. Digunakan juga *stopwatch* (jam henti) untuk mengukur waktu proses pengerjaan *assembly pallet*.

Teknik Analisis data

Analisis data menggunakan tabel *score* RULA, beban torsi MQ-Pro dan uji statistik maupun statistik hitung untuk menentukan besar persentile pada masing-masing antropometri yang digunakan dalam menentukan dimensi stasiun kerja yang akan dirancang.

- Uji statistik meliputi :

- a. Uji Keseragaman Data : digunakan untuk mengetahui pola normalitas data observasi [9]

$$\begin{aligned} \text{BKA} &= \bar{X} + k \cdot \sigma \\ \text{BKB} &= \bar{X} - k \cdot \sigma \end{aligned} \quad (1)$$

- b. Uji kecukupan data: digunakan untuk mengetahui kecukupan data observasi terhadap populasi [9]

$$N' = \left[\frac{k/s \sqrt{N(\sum X^2) - (\sum X)^2}}{\sum X} \right]^2 \quad (2)$$

- Statistik hitung untuk menentukan persentile [9]

$$\begin{aligned} 95\% &= \bar{X} + k \cdot \sigma \\ 5\% &= \bar{X} - k \cdot \sigma \end{aligned} \quad (3)$$

- Statistik hitung untuk menentukan waktu normal [9]

Waktu pengamatan rata rata, waktu pengamatan rata rata merupakan rata rata hitung dari waktu setiap unsur yang diukur yang disesuaikan terhadap pengaruh yang tidak lazim untuk setiap unsur

$$Ws = \frac{\sum X_i}{N} \quad (4)$$

Ws= waktu normal pengamatan, Xi = jumlah waktu penyelesaian yang teramati, N = jumlah Pengamatan

Tingkat Kinerja (kecepatan kerja), kemudian hitung waktu normal (normal time) untuk setiap unsur

$$W_n = W_{\text{pengamatan rata-rata}} \times \text{factor tingkat kinerja} \quad (5)$$

W_n = Waktu normal, $W_{\text{pengamatan rata-rata}}$ = Waktu observasi rata-rata, P= factor tingkat kinerja

Redesain Stasiun Kerja operator

Membuat rancangan peralatan dengan menggunakan dimensi antropometri dalam bentuk persentile sebagai dasar penentuan dimensi stasiun kerja baru dan membandingkan *score* RULA, torsi Mannequin dari postur tubuh operator dan waktu normal pekerjaan *assembly* sebelum dan sesudah adanya perancangan stasiun kerja yang baru.

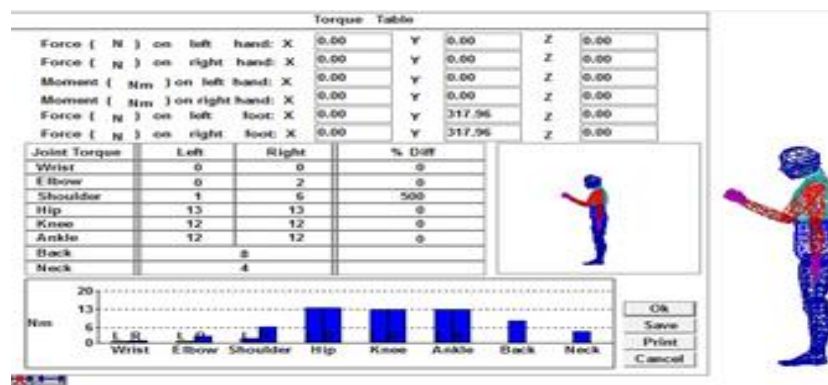
Hasil dan Pembahasan

Simulasi Perbaikan Posisi

Skor dari hasil analisa RULA pada perbaikan posisi mesin *cutting* untuk beban pada otot MSDs *Risk* pada level *medium risk*, hal tersebut bermakna bahwa posisi operator *cutting* ada penurunan nilai aktivitas gerakan otot, sehingga dalam simulasi menaikkan 100 mm ada perbaikan MSDs *Risk*. Skor dari hasil analisa RULA beban pada otot MSDs *Risk* pada level *High risk*, hal tersebut bermakna bahwa posisi operator *cutting* berpotensi terjadi MSDs sehingga dalam simulasi menaikkan 200 mm dan 300 mm belum ada perbaikan MSDs *Risk*. Dengan demikian dari hasil simulasi menggunakan metode RULA, diputuskan untuk menaikkan ketinggian mesin *cutting* 100 mm, supaya interaksi operator dan mesin sesuai dengan tinggi pekerja.

Simulasi menggunakan analisa Mannequin untuk perbaikan posisi mesin cutting

Hasil simulasi dengan menggunakan analisa RULA dengan menaikkan mesin cutting 100 mm ada penurunan MSDs Risk, dilanjutkan dengan analisa Mannequin untuk mengetahui beban torsinya



Gambar 1. Simulasi Menaikkan Mesin Cutting 100 mm

Gambar 1 memperlihatkan bahwa beban tekanan yang paling dirasakan oleh pekerja adalah pada bagian kaki (paha, betis dan telapak kaki). Ketidaknyamanan yang paling dirasakan adalah pada bagian bahu (*shoulder*) terutama bahu sebelah kanan dan bagian punggung (*back*) terutama daerah punggung bawah (pinggang). Sebagai kesimpulan bahwa sikap kerja pada tahap pembuatan paper pallet tidak nyaman karena Posisi pemotongan kaki *pallet*, membuat *groove* dan perakitan tidak ergonomis serta tidak terdapat alat bantu kerja untuk memegang benda kerja karena sangat membahayakan pada pekerja.

Redesain Stasiun Kerja Operator

Hasil perhitungan Ergonomi dengan adanya evaluasi postur tubuh operator mesin *cutting* dan mesin *groove* menggunakan Antropometri ukuran tinggi siku yang digunakan untuk menentukan tinggi mesin *cutting* dan *groove* dengan persentil 5% dan menghasilkan tinggi alat kerja sesuai dengan perhitungan yaitu 98 cm, ukuran jangkauan tangan kesamping yang digunakan untuk menentukan panjang jangkauan dengan persentil 95% dan menghasilkan panjang alat kerja sesuai dengan perhitungan yaitu 186 cm, serta jangkauan tangan kedepan yang digunakan untuk menentukan lebar mesin *cutting* dan mesin *groove* dengan persentil 5% dan menghasilkan lebar alat kerja sesuai dengan perhitungan yaitu 65 cm.

Analisa RULA Mesin Cutting Hasil Rancangan Baru

Skor dari hasil analisa RULA untuk mesin *cutting* hasil rancangan baru di simpulkan bahwa beban pada otot MSDs Risk turun dibandingkan dengan kondisi awal di level *high risk* menjadi *low risk* hal tersebut bermakna bahwa posisi operator *cutting* secara MSDs lebih baik dari sebelumnya, untuk menunjang menaikkan produktivitas dalam pembuatan *paper pallet*. Skor dari hasil analisa RULA untuk mesin *Groove* hasil rancangan baru di simpulkan bahwa beban pada otot MSDs risk turun dibandingkan dengan kondisi awal di level *high risk* menjadi *low risk*. Mesin *cutting* dan *groove* rancangan baru, menggunakan metode RULA ada penurunan nilai aktivitas gerakan otot yang berkaitan dengan penggunaan anggota tubuh.

Analisa Mannequin Mesin Cutting dan Groove Hasil Rancangan Baru

Analisa Mannequin pada posisi pekerja mengoperasikan mesin *cutting* dan *groove* kaki *pallet* hasil rancangan baru pada posisi operator memiliki beban pada punggung sebesar 2 Nm, dan pada leher 1 Nm. Beban torsi pada kedua bagian tubuh tersebut ada perbaikan dari stasiun kerja yang lama. Posisi kerja saat ini ada perbaikan interaksi pekerja dan mesin menjadi lebih ergonomis, operator hanya menombol on/off dan memasukkan material ke mesin

Posisi Kerja

Hasil perbandingan posisi kerja mesin *cutting* sesudah perancangan alat mengalami perbaikan antara lain; jangkauan lengan atas 20 derajat kedepan saat memotong, jangkauan lengan bawah minimal saat mengoperasikan mesin, posisi leher tegak lurus saat mesin beroperasi, dan berdiri tegak saat mesin beroperasi. Sedangkan hasil perbandingan posisi kerja mesin *groove* sesudah perancangan alat mengalami perbaikan antara lain; jangkauan lengan atas 20 derajat kedepan saat pengoperasian mesin, jangkauan lengan bawah 20 derajat saat mengoperasikan mesin, posisi leher tegak lurus saat mesin beroperasi, dan berdiri tegak saat mesin beroperasi.

Peta Operasi Pembuatan Paper Pallet

Bertambahnya faktor kenyamanan saat mengoperasikan mesin *cutting* dan *groove*, produktivitas kualitas dan kuantitas output standar hasil produksi dapat meningkat sebesar 200%, Output Standart *Groove* kaki *pallet* sebesar 752%, Output Standart Perakitan kaki *pallet* sebesar 11%, Output Standart perakitan *pallet* sebesar 96%. Dengan perbaikan produktivitas melalui pengembangan stasiun kerja operator terbukti mampu menurunkan waktu normal produksi sekaligus menaikkan produktivitasnya

Tabel 1. Perbandingan sebelum dan sesudah perbaikan

Stasiun Kerja	Satuan	Sebelum	Sesudah	Selisih
Proses mesin cuting kaki paper pallet	Menit	96	33	63
Proses mesin groove kaki paper pallet	Menit	123	24	99
Proses perakitan kaki pallet	Menit	6.7	5.7	1
proses perakitan tatakan pallet	Menit	9.3	4.96	4.34
Waktu normal pembuatan paper pallet	Menit	657	431	226
Jarak operasi dalam meter	Menit	266	250	16

Tabel 1 memperlihatkan selisih perbandingan sebelum dan sesudah perbaikan. Selisih proses mesin cuting kaki *paper pallet* sebesar 636 menit, proses mesin *groove* kaki *paper pallet* sebesar 99 menit, proses perakitan kaki *pallet* sebesar 1 menit, proses perakitan tatakan *pallet* sebesar 4.34 menit, waktu normal pembuatan *paper pallet* sebesar 226 menit, dan jarak operasi dalam meter sebesar 16 menit. Temuan ini selaras dengan pendapat peneliti sebelumnya yang menyatakan bahwa sistem kerja yang ergonomis dapat meningkatkan produktivitas pekerja, pendapat beberapa peneliti: sistem kerja terdiri dari dua atau lebih orang yang bekerja bersama-sama yang berinteraksi dengan teknologi dalam sistem organisasi yang dicirikan dengan adanya lingkungan fisik dan budaya [11]. Sistem kerja di industri manufaktur memiliki sistem yang kompleks mencakup manusia, mesin dan organisasi [12]. Hal ini juga terjadi pada sistem kerja di industri mebel yang banyak melibatkan aktivitas fisik dan penggunaan tenaga otot yang besar. Penggunaan tenaga otot secara terus menerus serta getaran yang ditimbulkan oleh alat atau mesin dalam jangka waktu yang lama berpotensi menimbulkan kelelahan, keluhan sistem muskuloskeletal, risiko cedera dan berdampak pada menurunnya produktivitas [13]. Sikap kerja yang kurang ergonomis seperti bekerja dengan posisi berdiri berlebihan, jongkok, membungkuk, serta adanya getaran dari mesin dan peralatan yang digunakan dapat menimbulkan keluhan muskuloskeletal yang bisa berdampak pada performansi pekerja menurun [14]. Disamping itu penggunaan tenaga otot secara terus menerus bisa menimbulkan keluhan otot atau keluhan muskuloskeletal [15].

Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan hasil penelitian, maka kesimpulan dari penelitian ini adalah dengan adanya evaluasi postur tubuh operator mesin *cutting* dan mesin *groove* jadi lebih nyaman daripada posisi kerja sebelumnya menggunakan metode RULA dan Mannequin Modifikasi stasiun kerja operator untuk menurunkan beban pada operator mesin *cutting* dan mesin *groove* jadi lebih nyaman daripada posisi kerja sebelumnya menggunakan metode RULA dan Mannequin. Skor dari hasil analisa RULA untuk mesin *cutting* level *High risk* menjadi *low risk*, Posisi operator menggunakan analisa Mannequin untuk mesin *cutting* beban pada punggung 8 menjadi 2 Nm, beban pada leher 4 Nm menjadi 1 Nm, Skor dari hasil analisa RULA untuk mesin *Groove* level *High risk* menjadi *low risk*,

serta posisi operator menggunakan analisa Mannequin untuk mesin *Groove* beban pada punggung 36 Nm menjadi 2 Nm, beban pada leher 3 Nm menjadi 1 Nm.

Daftar Referensi

- [1] Coelho, C., Paulo, O., Emídio, M., Jorge, M., & Monica, D.T. 2016. The importance of ergonomics analysis in prevention of msds: a pilot study. *Advances in Safety Management and Human Factors* (pp.139-151). Springer, Cham, pp.139-151.
- [2] Brito, M. F., Ramos, A. L., Carneiro, P., & Gonçalves, M. A. 2019. Ergonomic analysis in lean manufacturing and industry 4.0-a systematic review. In *Lean Engineering for Global Development* (pp. 95-127). Springer, Cham.
- [3] E. Nursanti, R. M. Suaidy Avief, Sibut, and M. Kertaningtyas, "Peningkatan Efisiensi Waktu dan Biaya Pemeliharaan Overhaul Pesawat Tempur," *J. Teknol. Dan Manaj. Ind.*, vol. 4, no. 2, pp. 1–6, 2018, doi: 10.36040/jtmi.v4i2.231.
- [4] Mindhayani, I., & Purnomo, H. 2016. Perbaikan sistem kerja untuk meningkatkan produktivitas karyawan. *Penelitian dan Aplikasi Sistem dan Teknik Industri*, 10(1), 182841.
- [5] Purnomo, H. 2012. Perancangan sistem kerja berkelanjutan: pendekatan holistik untuk meningkatkan produktivitas pekerja. *Pidato Pengukuhan Guru Besar Teknik Industri Universitas Islam Indonesia*, Yogyakarta.
- [6] E. Nursanti, R. M. S. Avief, Sibut, and M. Kertaningtyas, *MAINTENANCE CAPACITY PLANNING Efisiensi & produktivitas*, vol. 53, no. 9. Malang: Dream Litera Buana, 2019.
- [7] E. Nursanti, Sibut, and Fuad Achmadi, "Implementasi Green Supply Chain Management Pada Kelompok Usaha Mikro," *J. Teknol. Dan Manaj. Ind.*, vol. 5, no. 2, pp. 29–35, 2019, doi: 10.36040/jtmi.v5i2.279.
- [8] Wignjosoebroto, S. 2003. *Ergonomi studi gerak dan waktu*. Surabaya: Guna Widya.
- [9] Sitalaksana, I. 1979. *Teknik tata cara*. Bandung : ITB.
- [10] McAtamney, L., & Corlett, E.N. 1993. RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, 24(2), 91-99.
- [11] Kleiner, B.M. 2006. Macroergonomics: analysis and design of work systems. *Applied ergonomics*, 37(1), 81-89..
- [12] Mustafa, S.A., Kamaruddin, S., Othman, Z., & Mokhtar, M. 2009. Ergonomics awareness and identifying frequently used ergonomics programs in manufacturing industries using quality function deployment. *American Journal of Scientific Research*, 3, 51-66.
- [13] Haskari, F.A., Herdoin, S., & Saulia, L. 2008. Perancangan model faktor ergonomi makro terhadap produktivitas sistem kerja pada pabrik gula. Bogor : IPB.
- [14] Nugraha, H.A., Astuti, M., & Rahman, A. 2013. Analisis perbaikan postur kerja operator menggunakan metode rula untuk mengurangi resiko musculoskeletal disorders (studi kasus pada bagian bad stock warehouse PT. X Surabaya). *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*, 1(2), p229-240..
- [15] Ilman, A., Yuniar, Y., & Helianty, Y. 2013. Rancangan perbaikan sistem kerja dengan metode quick exposure check (QEC) di bengkel sepatu X di Cibaduyut. *Reka Integra*, 1(2).