

Percepatan Proses Produksi dengan Desain Ergonomis

Acceleration of Production Process by Ergonomic Design

Herry Patria¹, Belyamin², Iwan Susanto³, M Sjahrul Annas⁴

¹²³⁴Program Studi Magister Terapan Rekayasa Teknologi Manufaktur, Politeknik Negeri Jakarta, Depok.

¹herry.patria.tm22@mhs.wpnj.ac.id, ²belyamin@mesin.pnj.ac.id, ³iwan.susanto@mesin.pnj.ac.id, ⁴sjahrul@trisakti.ac.id

Corresponding author : herry.patria.tm22@mhs.wpnj.ac.id

Abstrak

PT.XYZ mengalami ketidak seimbangan beban dengan kapasitas produksi line produk D17D di area produksi Molded, Adanya gap 70 detik antara waktu standart sop 360 detik dan waktu actual proses 430 detik. Selisi ini terjadi akibat masing-masing proses tidak seimbang hasil dari proses tidak sama. Dengan konsep melakukan penelitian dilapangan produksi langsung kemudian menganalisa karakteristik proses produksi diharapkan masalah yang terjadi dapat dicarikan solusi untuk menghilangkan waktu Muda (Sia-sia). Dari hasil penelitian ini membuktikan bahwa merancang Jig & fixture sebagai alat bantu untuk mengurangi ketidak seimbangan masing-masing proses yang mana pada proses Unloading pressing rubber terjadi pengaruh ergonomis yang menyebabkan Operator mengalami gangguan MSDs sehingga hasil produksi tidak mencapai target. Hasilnya setelah dirancang tool untuk membantu proses unloading dari mesin press rubber produk D17D pada area molded terjadi percepatan proses yang mana waktu SOP 360 detik sebelum dilakukan perbaikan 430 detik setelah perbaikan menjadi 340 detik. Part atau benda kerja yang masuk rak tersusun berdasar urutan prosesnya sehingga meningkatkan kualitas dari sisi First in First Out (FIFO) (mengurangi resiko LIFO, sehingga memudahkan menemukan masalah jika terjadi masalah) dan Pekerja tidak repot untuk melakukan proses Unloading produk sehingga waktu angkat lebih cepat (mengurangi resiko gangguan muskuloskeletal /MSDs).

Kata kunci : Ergonomik ,Acceleration Process Production, Manufacturing Rubber

Abstract

PT. XYZ experienced load imbalance with the production capacity of the D17D product line in the molded production area, The existence of gaps 70 seconds between the standard SOP time of 360 seconds and the actual process time of 430 seconds. This difference occurs due to each process being unbalanced, the results of the process are not the same. With the concept of conducting research in the field of direct production then analyzing the rubberistics of the production process, it is hoped that the problems that occur can be found solutions to eliminate young time (in vain). From the results of this study proves that designing Jig & fixture as a tool to reduce the imbalance of each process where in the Unloading pressing rubber process there is an ergonomic influence that causes the operator to experience MSDs so that production results do not reach the target. As a result, after designing a tool to help the unloading process of the D17D product rubber press machine in the molded area, there was an acceleration of the process where the SOP time was 360 seconds before repairs was carried out 430 seconds after repair to 340 seconds. Parts or workpieces that enter the rack are arranged based on the sequence of the process so as to improve the quality of the First in First Out (FIFO) side (reducing the risk of LIFO, making it easier to find problems if problems occur) and Workers do not bother to carry out the product Unloading process so that lifting time is faster (reducing the risk of musculoskeletal disorders / MSDs).

Keywords: Ergonomik Process Production

1. Pendahuluan

PT.XYZ merupakan perusahaan multinasional yang bergerak dibidang pembuatan komponen otomotive kendaraan roda 2 dan roda 4. Seiring perkembangan yang terjadi di dunia otomotive ada peningkatan sales order 200%. Hal ini menuntut PT.XYZ harus meningkatkan hasil produksi untuk memenuhi sales order dari customer dengan melakukan percepatan dan Efisiensi proses produksi . Masalah ketidak seimbangan proses produksi PT.XYZ di line produksi D17D diarea produksi Molded adaya gap 70 detik antara waktu standart sop 360 detik dan waktu actual proses 430 detik. Selisi ini terjadi akibat adanya pelambatan proses akibat ergonomic pada proses unloading press molded.

Masalah ini belum diselesaikan dari penelitian lain

Berdasarkan pengkajian jurnal-jurnal penelitian sebelumnya terhadap perubahan system produksi loading dan unloading dengan melakukan perancangan alat bantu untuk memperbaiki dari sisis ergonomic proses yang sudah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya ;

Peneliti melakukan integrasikan informasi ergonomi dalam digital kontekstual Instruksi kerja[1]. Peneliti melakukan Masalah penyeimbangan jalur perakitan dengan ergonomi: model kelelahan dan pemulihan baru[2]. Penelitian ini melakukan visi mesin dan pemodelan kembar digital mulai muncul sebagai antarmuka yang menjanjikan untuk evaluasi strategi distribusi tugas untuk mengurangi risiko ergonomis dan keselamatan manusia yang sebenarnya dalam solusi perakitan kolaboratif[3]. Kerangka kerja yang diusulkan dapat diterapkan untuk melacak gerakan tugas industri yang dilakukan pada bidang sagital, dan evaluasi postur menemukan perbedaan risiko postur di antara operator yang berbeda yang tidak dipertimbangkan dalam instrumen penilaian risiko postur tradisional[4]. Makalah ini menyajikan metode baru untuk penilaian online beban kognitif di bidang manufaktur, terutama perakitan, dengan mendeteksi pola gerak manusia langsung dari gambar input kamera stereo[5]. Penelitian ini melakukan efisiensi MCA diverifikasi baik di lingkungan laboratorium dengan analisis waktu dan di lingkungan virtual menggunakan Digital Human Modelling melalui beberapa analisis ergonomis[6] . Pendekatan ini memantau distribusi perhatian operator dan kinematika tubuh bagian atas yang mendapat manfaat dari gambar input kamera stereo berbiaya rendah dan algoritma kecerdasan buatan mutakhir (yaitu estimasi pose kepala dan pelacakan kerangka)[7]. Penelitian ini mengidentifikasi Kondisi tempat kerja yang nyaman dan dikenal sebagai lingkungan ergonomis penting untuk mencegah terjadinya WMSD pada Studi ergonomi untuk pekerja di industri produksi makanan[8]. Penelitian ini mengusulkan dan mengevaluasi penilaian ergonomis RULA dalam kondisi kerja nyata menggunakan koreksi data kerangka Kinect tahan oklusi yang baru-baru ini diterbitkan. Pertama, kami membandingkan postur yang diperkirakan dengan metode ini dengan data kebenaran lapangan, dalam kondisi laboratorium standar[9].

Tujuan penelitian ini dapat mempercepat proses dengan mendisign alat bantu agar proses yang dilakukan operator lebih ergonomic

2. Landasan Teori

Dalam ergonomi, postur dan gerakan pekerja adalah informasi penting untuk menentukan risiko cedera muskuloskeletal (MSDs) di tempat kerja.

Lini produksi adalah proses produksi yang digunakan untuk menghasilkan produk sesuai dengan yang diharapkan. Oleh karena itu, pemahaman dan peningkatan sistem perakitan akan meningkatkan kinerja perusahaan produksi, dengan efek positif pada ekonomi global dan keselamatan dan kesehatan angkatan kerja. Penilaian terhadap lini proses produksi memainkan peran penting dalam ergonomi, bahkan dengan biaya tetap.

Pemantauan Ergonomi

Untuk menjamin pemantauan beban ergonomis yang obyektif dan berkelanjutan, monitor ergonomi berbasis visi dikembangkan. Pengaturan terdiri dari solusi penginderaan intrusif berbiaya rendah dan rendah yang memungkinkan pengukuran selama periode waktu yang lama tanpa mempengaruhi atau mengganggu operator. Berdasarkan beberapa aliran video, direkam di lini kerja perakitan, posisi operator, dan akhirnya skor ergonomis real-time, dihitung.

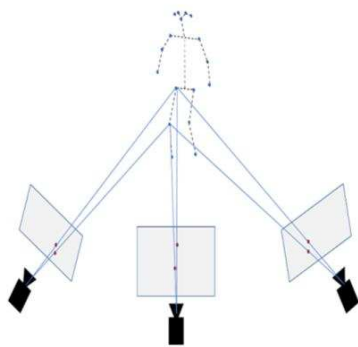
3D inferensi

Untuk mengambil titik proyektif yang akurat, semua posisi titik kunci dikoreksi melalui data kalibrasi. Berdasarkan posisi kamera, sinar (yaitu. 3D garis) dicor untuk setiap titik melalui ruang. Perpotongan titik pandang ini digunakan untuk menghitung titik 3D per titik kunci. Karena ada beberapa margin kesalahan pada titik 2D, ada kemungkinan bahwa titik pandang dari sudut pandang yang berbeda tidak berpotongan

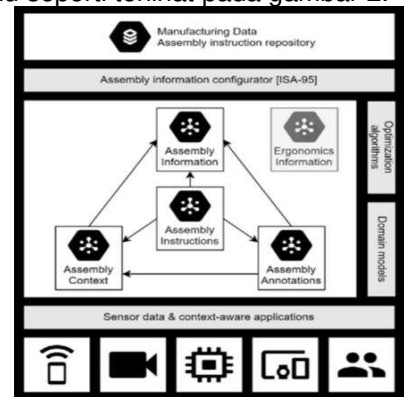
persis dari jarak pandang. Untuk alasan ini, Solusi perkiraan dihitung dengan meminimalkan kuadrat jarak ke sinar. Dengan cara ini, kerangka tiga dimensi dapat disimpulkan untuk seorang individu. Ketika lebih dari satu individu terdeteksi dalam gambar, algoritma heuristik mengelompokkan pandangan individu yang berbeda dengan meminimalkan kesalahan proyeksi pada posisi titik kunci yang dihitung seperti terlihat pada gambar 1.

Penilaian Ergonomi

Berdasarkan titik kunci 3D, yang diperoleh pada langkah sebelumnya, semua sudut sendi tubuh dihitung. Pertama, lokasi sternum dan panggul diperkirakan berdasarkan pusat sinar dari bahu dan pinggul, masing-masing. Fleksi belakang diwakili oleh sudut antara sumbu vertikal dan tulang belakang. Torsi lengan dan kaki hanya dapat dihitung jika ada fleksi yang cukup di siku dan lutut. Oleh karena itu, sudut pergelangan tangan dan pergelangan kaki tidak dapat disimpulkan secara andal dalam sistem ini dan karenanya akan diabaikan. Untuk menghitung sudut tubuh bagian atas, bingkai standar dipasang ke sternum. Bingkai ini sejajar dengan sumbu tulang belakang dan bahu seperti terlihat pada gambar 2.

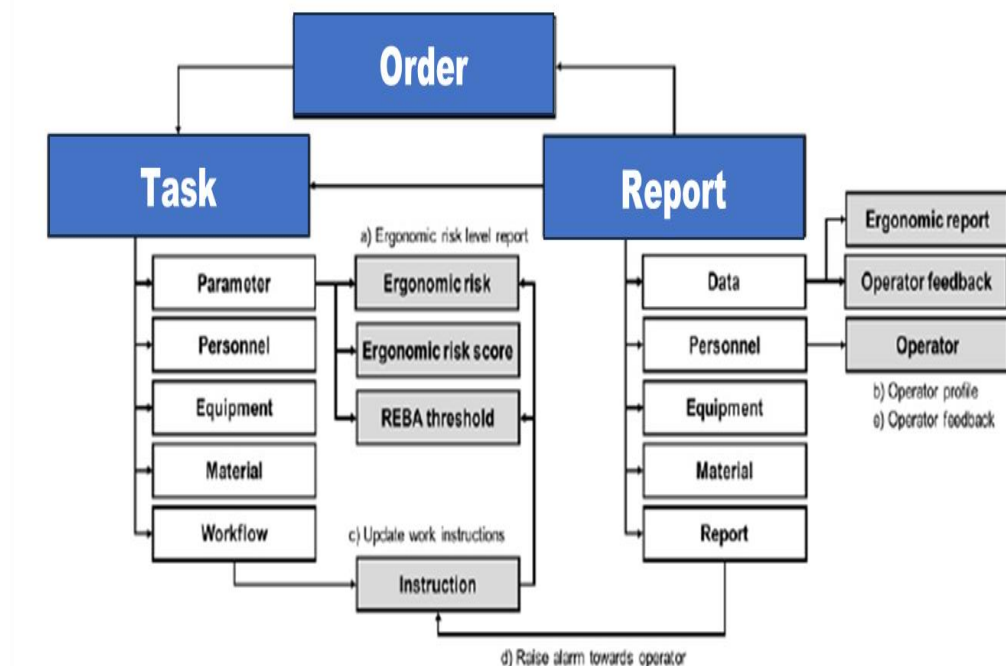


Gambar 1. 3D inference

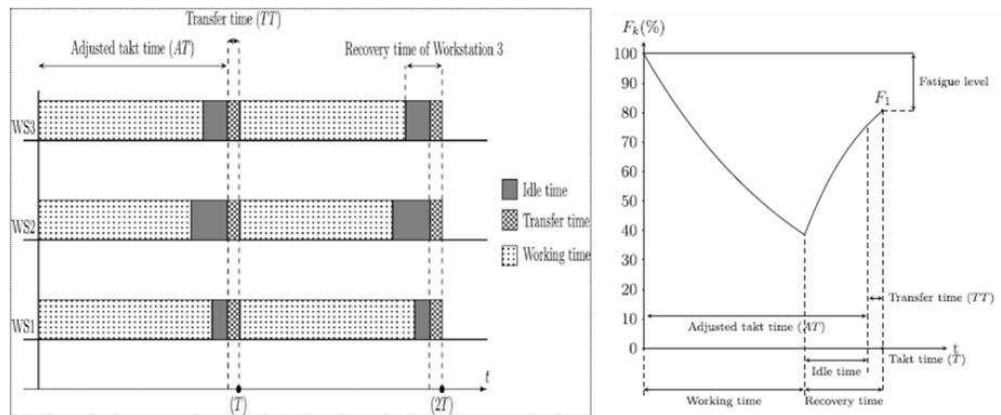


Gambar.2 . Ergonomics assessment

Dalam beberapa kasus, informasi yang lebih rinci dalam bentuk pedoman diperlukan untuk memberi tahu operator tentang metode ergonomis yang benar[1]. Di sini, prosedur diperbarui dengan menambahkan instruksi pedoman ke alur kerja seperti yang terlihat pada gambar 3.



Gambar 3. Integrasi informasi ergonomi dalam informasi lini produksi



Gambar 4. Working and recovery time for two successive takt time

Pada gambar 4 terlihat bagaimana proses kerja berlangsung dalam satu hari atau selama 8 jam. Adapun kriteria ergonomi, kami mempertimbangkan evolusi kapasitas otot di setiap workstation k pada akhir satu takt time T . Biarkan $F_k \in [0, 1]$ yang didefinisikan dalam Persamaan (1) menjadi fungsi yang mewakili tingkat kapasitas otot pekerja di workstation k pada akhir waktu takt.

$$F_k = 1 + \left(e^{-\left(\frac{K}{MVC} \int_0^{AT} Fload_j(u) x_{jk} du \right)} - 1 \right) x e^{-R(T - \sum_{j \in V} t_{j,x_{jk}})} \quad \forall k \in W \dots \dots \dots (1)$$

F_k = Persentasi tingkat kelelahan (%)

k = Kondisi kritis

$k/ MVC \int_0^{AT} Fload_j(u) du$ = beban kerja operasi

R = tingkat pemulihan pekerja

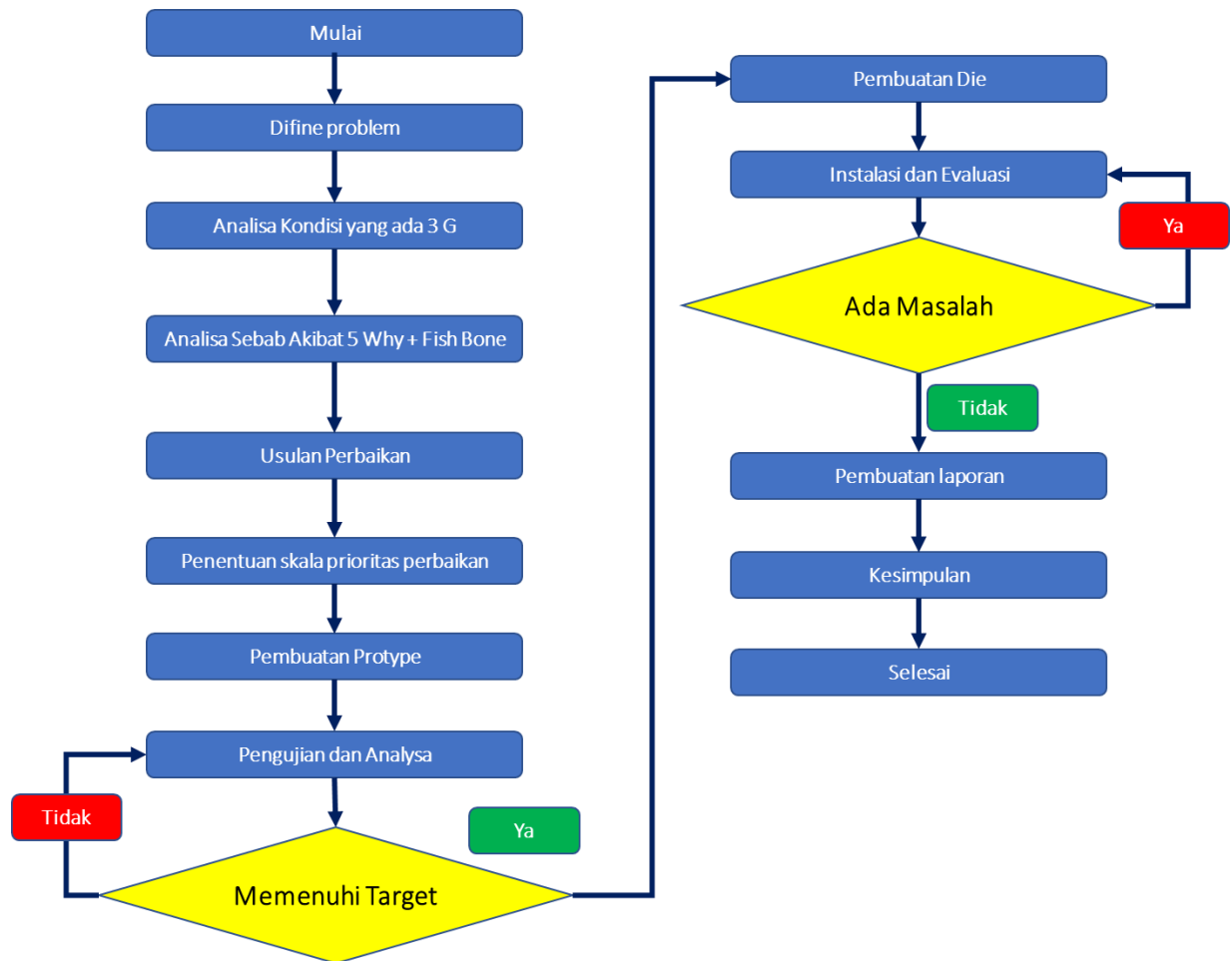
T = lamanya pemulihan

Pada akhir waktu takt, perbedaan antara tingkat awal tanpa kelelahan (100%) dan F_k akhir (%) mewakili tingkat kelelahan setelah waktu takt pertama di workstation k. Dalam solusi penyeimbangan, workstation k disebut kritis jika kapasitas otot pekerja di workstation itu adalah yang terburuk di antara pekerja lain di jalur perakitan. yaitu $\text{Min}_{k \in W} \{F_k\}$. Kami mendefinisikan $F = \text{Min}_{k \in W} \{F_k\}$ yang mewakili tingkat ergonomi stasiun kerja kritis. Stasiun kerja non-kritis disebut workstation kendur[2].

3. Methode Penelitian

Diagram Aliran Proses penelitian

Dalam melakukan penelitian dibuat diagram alir proses penelitian dengan tahap seperti ditunjukan pada seperti gambar 5 dibawah ini :



Gambar.5. Flow Char Proses penelitian

Tahapan perancangan alat bantu Ergonomic

Perancangan sistem dimulai dengan :

1. Mengidentifikasi konsep sistem ergonomic yang diinginkan menggunakan perancangan dan pengembangan produk.
2. Perencanaan elemen kerja usulan, perancangan dan jig/alat bantu.

Penentuan konsep terpilih :

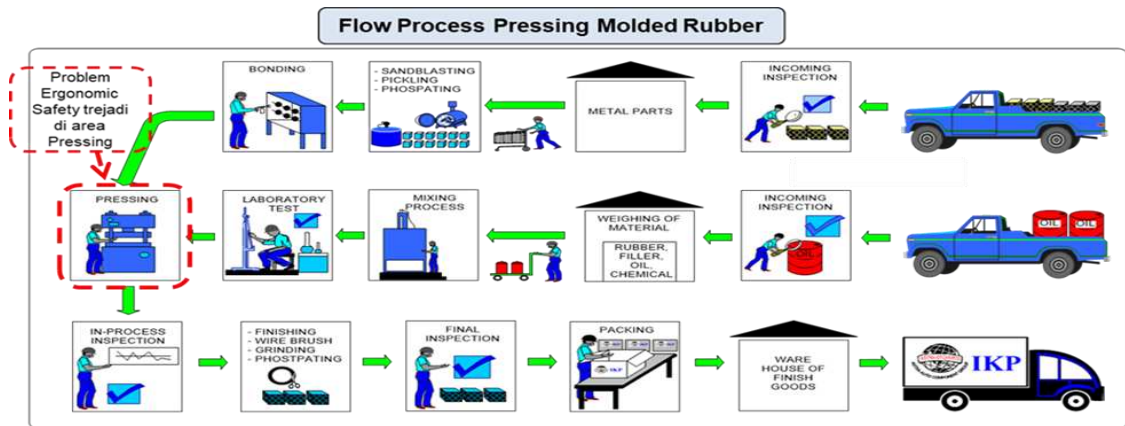
Tahapan perancangan dan pengembangan produk terdiri dari identifikasi kebutuhan, penentuan spesifikasi produk, penyusunan konsep, penyaringan konsep dan penilaian konsep

Perancangan jig :

Dalam mendesain jig, gambar dari jig terletak pada langkah terakhir dalam prosesnya. Urutannya adalah melakukan interview apa yang menjadi masalah ergonomic oleh operator ,mengumpulkan data berapa lama proses yang bermasalah terhadap ergonomic dilakukan dalam siklus kerja satu hari dan melihat kondisi antropometri ,facility dan pendukung yang lain.

4. Proses Penelitian dan Pembahasan

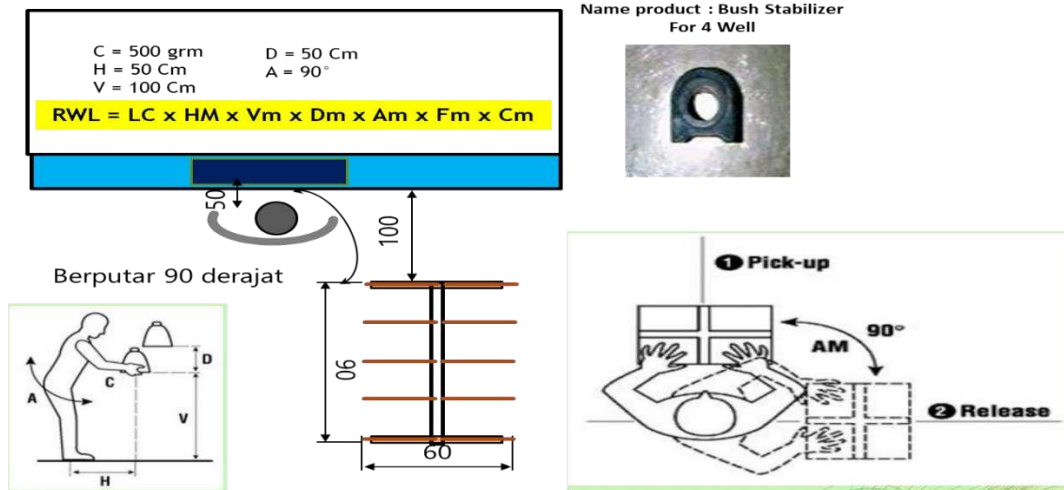
Masalah ketidak seimbangan proses produksi PT.XYZ di line produksi D17D diarea produksi Molded adaya gap 70 detik antara waktu standart sop 360 detik dan waktu actual proses 430 detik. Selisi ini terjadi akibat adanya pelambatan proses akibat ergonomic pada proses unloading press molded.



Gambar 6. Flow proses Pressing Molded Rubber

Dari flow proses pressing molded rubber teridentifikasi pada proses press rubber ditemukan problem ergonomic dan safety yang dapat mengganggu proses produksi.

Pembesaran dari Proses Pressing:



Gambar 7. Visualisasi proses molded rubber

NO	URUTAN PROSES	CYCLE PROSES										RATA-RATA	STD SOP	KET
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	MOLD MEMBUKA	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	NO PROBLEM
2	UNLOADING PRODUK	92	91	90	88	88	93	88	93	87	90	90	45	PROBLEM
3	MOLD MENUTUP	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	NO PROBLEM
4	INJECT TIME	63	62	58	57	60	63	58	58	61	60	60	35	PROBLEM
5	CURING TIME	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	NO PROBLEM
6	SIAPKAN MATERIAL	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	NO PROBLEM
7	CEK PRODUK	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	NO PROBLEM
TOTAL		425	430	428	435	437	430	426	434	425	435	430	360	NO PROBLEM

Tabel 1. Data Urutan Proses Molded PT.XYZ

Pada table 1. Terlihat ada 2 masalah yang berpengaruh terhadap waktu proses produksi yaitu proses unloading produk dan waktu pengepresan

Root Cause dan Analisis

Dalam melakukan analisa peneliti menggunakan metode 4M+1E yang mana ini dikaitkan dengan teori Root Cause Analysis dengan 5 way analysis untuk mendapatkan apa yang jadi akar masalah dari masalah besar yang sedang peneliti hadapi.

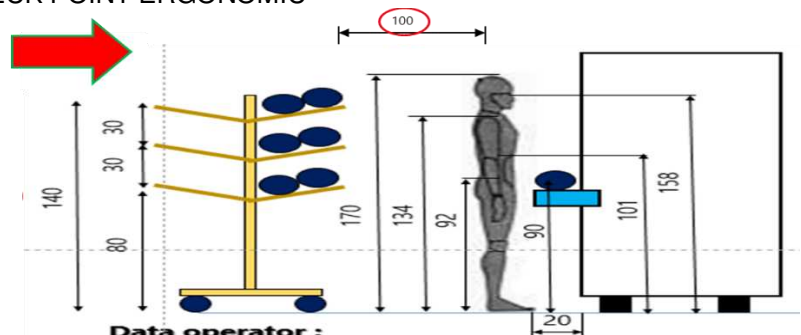
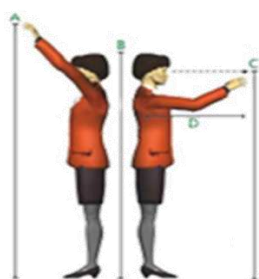
Data-data temuan dari gambar seperti yang terlihat pada tabel dibawah ini ;

No.	Item Analisa	Kondisi Actual	Standar	Aktivitas perbaikan
1	Alat pelindung diri	Pakai celemek	Pakai celemek	√
2	Suhu Part/Ruang	40 °C	40 °C	√
3	Jarak Operator ke Mesin	50 cm	50 cm	√
4	Jarak Operator ke rak	100 Cm	100 Cm	√
5	Pergerakan kepala	Menunduk	Menunduk	√
6	Pergerakan lengan	90°	90°	√
7	Pergerakan kaki	90°	90°	√
8	Frekwensi angkat	30%	30%	√
9	Pergerakan badan	Membungkuk	Berdiri sempurna	Pembuatan Tooling Unloading
10	Frekwensi bergerak	Selalu	Selalu	√
11	Lama bergerak	8 Jam	8 Jam	√
12	Lama mengangkat	1 Menit	20 detik	Percepatan proses

Tabel 2. Data temuan gambar

ANALISA DENGAN METODE CHECK POINT ERGONOMIC

ANTROPOMETRI



Data operator :

1. Suku Sunda
2. Cycle time 90 detik (Standar 45 detik)
3. Bekerja 8 jam dan Over time 3 jam setiap hari (5 hari kerja)
4. Bekerja sudah 7 Tahun
5. Tinggi operator 170 cm

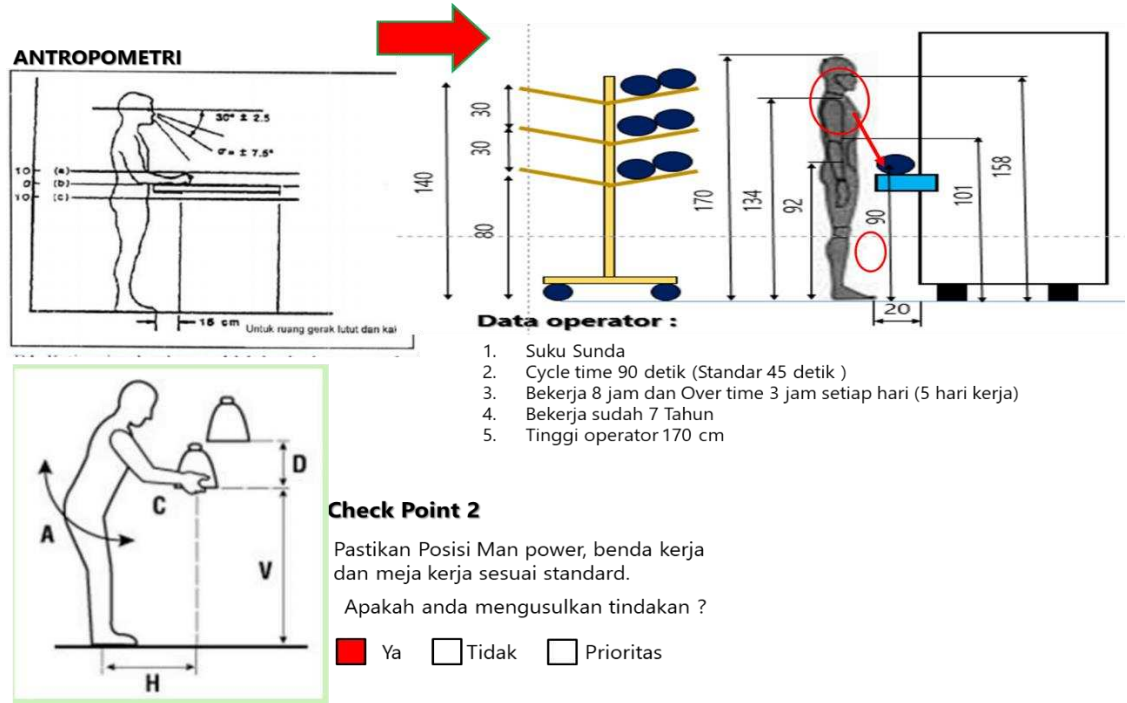
Gambar 8. Tabel Antropometri Check Point 1

Pengecekan dilakukan pada 27 titik point dari proses yang ada di produksi termasuk facility dan pendukung produksi yang lain :

Check Point 1 → Pastikan Posisi Man power dan pergerakan tangan sesuai standard Apakah anda mengusulkan tindakan ? Tidak

Keterangan :

- ✓ Dengan ukuran dimensi pada gambar untuk jangkauan diatas kepala (A) dan tinggi badan (B) masuk standar.
- ✓ Jarak jangkauan (D) dan tinggi pandangan (C) ke peletakan part di rak sesuai standar.



Gambar 9. Tabel Antropometri Check Point 2

Keterangan:

- ✓ Dengan ukuran dimensi pada gambar untuk tinggi meja kerja terlalu rendah sehingga membutuhkan gerak menunduk untuk melihat part dan mengeluarkan produk dari mesin.
- ✓ Sudut lihat terlalu kecil dari sisi berdirinya operator
- ✓ Frequency pengangkatan dan melihat produk 40 x per jam.

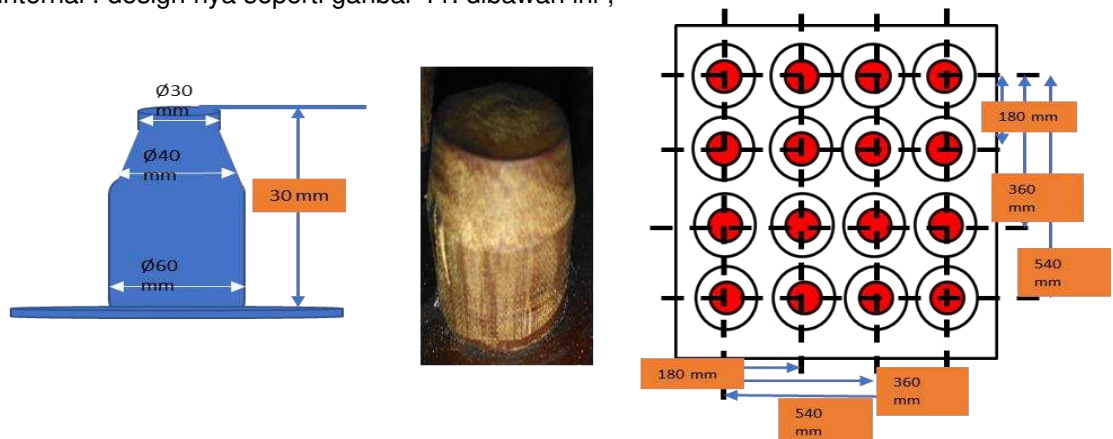
Temuan ini dapat mengakibatkan gangguan Muskuloskeletal (MSDs)

Design dan Perancangan Prototipe

Dalam perancangan prototipe Alat bantu proses unloading produk ada 2 ide solusi yang akan dilakukan antara lain ;

Ide pertama Auto Unloading produk dengan Ejector & Receiver

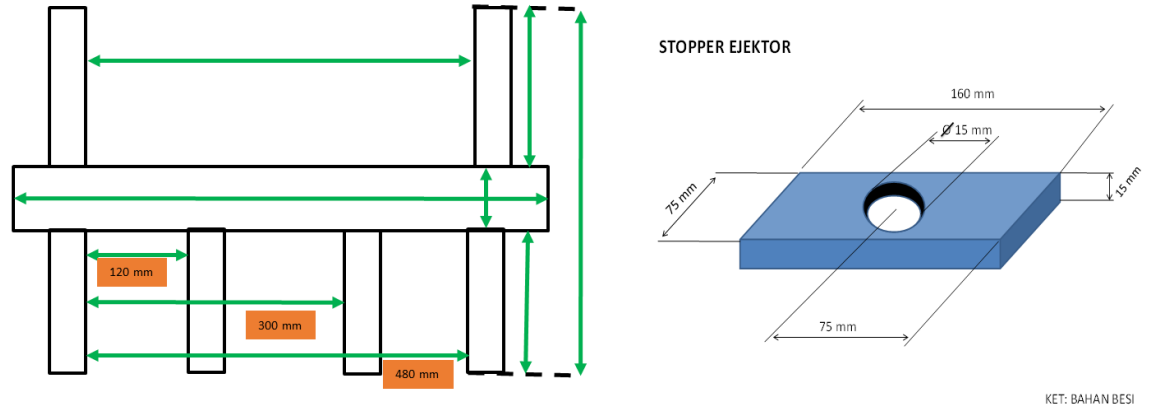
Perancangan ini di estimasi akan selesai dalam periode 30 hari dengan biaya 60 jt . Untuk ketersediaan material untuk membuat jig & fixture nya sudah tersedia dan system perawatannya bisa dilakukan secara internal . design nya seperti gambar 11. dibawah ini ;



Gambar 10. Design Ejector untuk alat unloading produk

Ide kedua Manual Jig

Perancangan ini di estimasi akan selesai dalam periode 7 hari dengan biaya 200 ribu . Untuk ketersediaan material untuk membuat jig & fixture nya sudah tersedia dan system perawatannya bisa dilakukan secara internal . design nya seperti gambar 12 dibawah ini ;



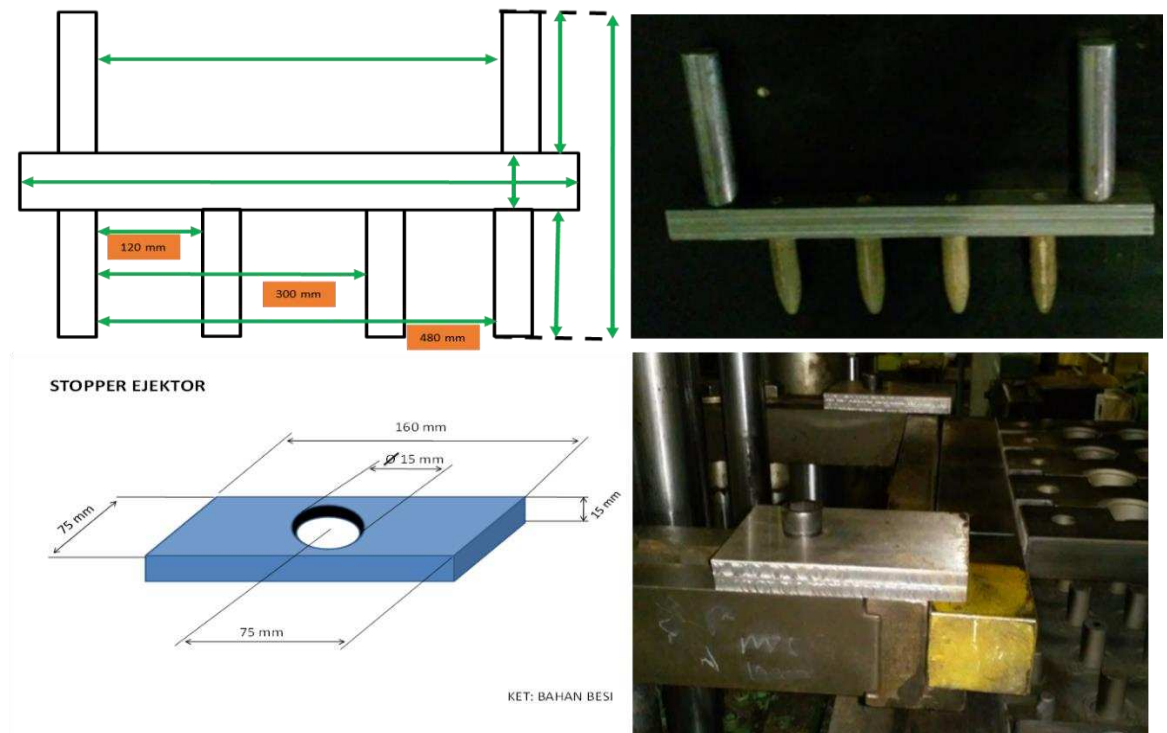
Gambar 11. Alat bantu unloading

Melihat 2 rancangan dan design ini peneliti melihat design ke 2 yang paling mungkin untuk di eksekusi dengan melihat cost yang lebih murah dan design yang lebih simple sehingga design yang ke akan dilakukan eksekusi untuk menyelesaikan masalah yang ada.

Action Perbaikan

Gambar 12 . Design Akhir

Design dilakukan Trial selama 8 jam percobaan setelah dilihat hasil perbaikannya proses unloading lebih cepat dari standar 360 detik menjadi 340 detik yang mana sebelumnya waktunya 430 detik lebih lama.



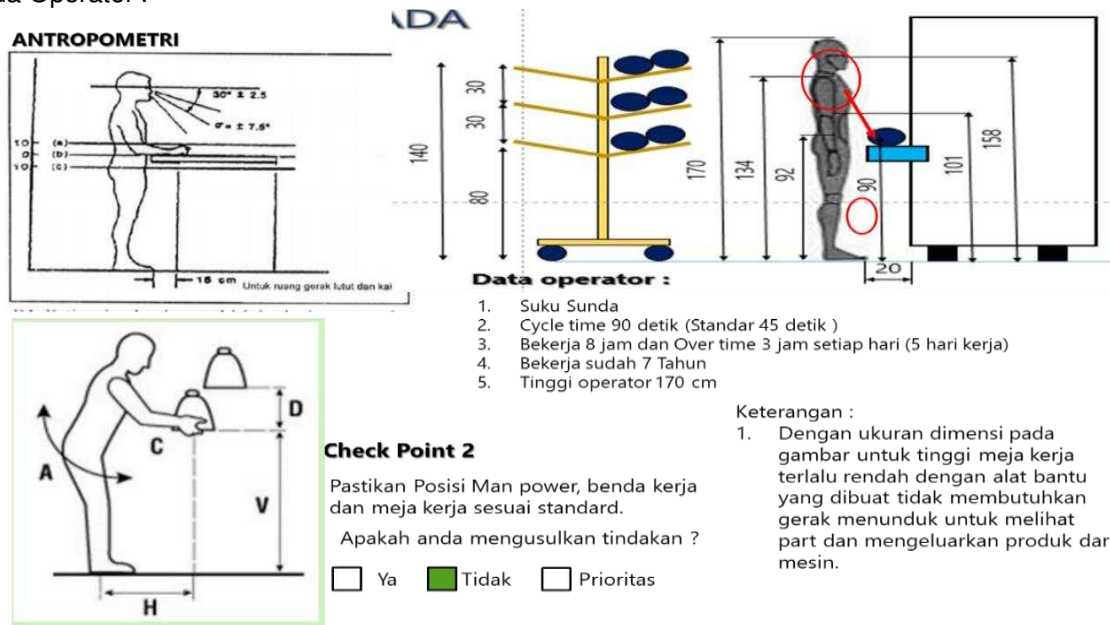
Gambar 13. Alat bantu unloading

Gambar 12. Visualisasi alat bantu unloding

HASIL PERBAIKAN

Dampak Setelah Perbaikan:

Dengan ukuran dimensi pada gambar untuk tinggi meja kerja terlalu rendah dengan alat bantu yang dibuat tidak membutuhkan gerak menunduk untuk melihat part dan mengeluarkan produk dari mesin. Tabel mesin bisa keluar dari cetakan dan operator mesin dapat melihat langsung produk dan mengambil dengan Jig yang dibuat sehingga menghilangkan pengaruh Moskuloskeletal (MSDs) pada Operator .



Gambar 13. Hasil perbaikan

Hasilnya antara lain :

- Pekerja tidak repot untuk melakukan proses Unloading produk sehingga waktu angkat lebih cepat (mengurangi resiko gangguan muskuloskeletal /MSDs)
- Part tidak tertumpuk sehingga panas yang ada lebih cepat hilang (mengurangi resiko gangguan muskuloskeletal /MSDs)
- Dengan menggunakan jig sebagai alat bantu Unloading produk bisa terhindar dari ppotensi terkena pana pada lengan (mengurangi gangguan terbakar)
- Waktu Unloading bisa di percepat hilang mengurangi resiko gangguan muskuloskeletal /MSDs)
- Part atau benda kerja yang masuk rak terusun berdasar urutan prosesnya sehingga meningkatkan kualitas dari sisi First in First Out (FIFO) (mengurangi resiko LIFO, sehingga memudahkan menemukan masalah jika terjadi masalah)

No.	Item Analisa	Kondi Actual	Standar	Aktifitas perbaikan
1	Alat pelindung diri	Pakai celemek	Pakai celemek	√
2	Suhu Part/Ruang	40 °C	40 °C	√
3	Jarak Operator ke Mesin	50 cm	50 cm	√
4	Jarak Operator ke rak	100 Cm	100 Cm	√
5	Pergerakan kepala	Menunduk	Menunduk	√
6	Pergerakan lengan	90°	90°	√
7	Pergerakan kaki	90°	90°	√
8	Frekwensi angkat	30%	30%	√
9	Pergerakan badan	Membungkuk	Berdiri sempurna	√
10	Frekwensi bergerak	Selalu	Selalu	√
11	Lama bergerak	8 Jam	8 Jam	√
12	Lama mengangkat	1 Menit	20 detik	√

Tabel 3. Data setelah perbaikan

5. Kesimpulan dan Saran

- Dalam ergonomic design dapat dilihat dari aspek 4M+E (Man, Mesin, Material, Methode & Environment dimana :
- Man/Orang adalah dari aspek Antropometri dimensi dan gerakan orang
- Mesin : Tool atau Mesin seperti apa yang dapat membantu mengurangi bahkan menghilangkan gangguan musculoskeletal, termasuk meja, kursi, tools dan lain-lain
- Material : Berat dan dimensi dari material yang akan di handling atau part yang akan di proses.
- Metode : Bagaimana cara melakukan pekerjaan yang aman, dengan apa cara melakukan kerja dengan aman.
- Lingkungan : Lingkungan dan fasilitas sangat mempengaruhi pola kerja yang berdampak pada kenyamanan bekerja sehingga Lingkungan yang baik dibutuhkan untuk mendukung kesehatan dan keselamatan kerja.
- Analisa Ergonomic dapat dilakukan dengan cara metodologi check point dengan perbandingan actual yang ada (kondisi yang sebenarnya di lapangan) dengan standar yang berlaku sehingga mendapatkan data abnormality yang selanjutnya dilakukan perbaikan.

6. Daftar Pustaka

- [1] A. Claeys, S. Hoedt, C. Domken, E. H. Aghezzaf, D. Claeys, and J. Cottyn, "Methodology to integrate ergonomics information in contextualized digital work instructions," *Procedia CIRP*, vol. 106, no. March, pp. 168–173, 2022, doi: 10.1016/j.procir.2022.02.173.
- [2] M. A. Abdous, X. Delorme, D. Battini, F. Sgarbossa, and S. Berger-Douce, "Assembly line balancing problem with ergonomics: a new fatigue and recovery model," *Int. J. Prod. Res.*, vol. 61, no. 3, pp. 693–706, 2023, doi: 10.1080/00207543.2021.2015081.
- [3] T. Yonga Chuengwa, J. A. Swanepoel, A. M. Kurien, M. G. Kanakana-Katumba, and K. Djouani, "Research Perspectives in Collaborative Assembly: A Review," *Robotics*, vol. 12, no. 2, p. 37, 2023, doi: 10.3390/robotics12020037.
- [4] M. L. Nunes *et al.*, "Posture Risk Assessment in an Automotive Assembly Line Using Inertial Sensors," *IEEE Access*, vol. 10, no. July, pp. 83221–83235, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3196473.
- [5] M. Lagomarsino, M. Lorenzini, E. De Momi, and A. Ajoudani, "An Online Framework for Cognitive Load Assessment in Industrial Tasks," *Robot. Comput. Integr. Manuf.*, vol. 78, pp. 1–14, 2022, doi: 10.1016/j.rcim.2022.102380.
- [6] M. Turk, M. Šimic, M. Pipan, and N. Heraković, "Multi-Criterial Algorithm for the Efficient and Ergonomic Manual Assembly Process," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 19, no. 6, 2022, doi: 10.3390/ijerph19063496.
- [7] M. Lagomarsino, M. Lorenzini, P. Balatti, E. De Momi, and A. Ajoudani, "Pick the Right Co-Worker: Online Assessment of Cognitive Ergonomics in Human-Robot Collaborative Assembly," *IEEE Trans. Cogn. Dev. Syst.*, vol. XX, no. X, pp. 1–10, 2022, doi: 10.1109/TCDS.2022.3182811.
- [8] H. M. Fazi, N. M. Z. N. Mohamed, M. F. F. A. Rashid, and A. N. M. Rose, "Ergonomics study for workers at food production industry," *MATEC Web Conf.*, vol. 90, pp. 0–6, 2016, doi: 10.1051/mateconf/20179001003.
- [9] P. Plantard, H. P. H. Shum, A. S. Le Pierres, and F. Multon, "Validation of an ergonomic assessment method using Kinect data in real workplace conditions," *Appl. Ergon.*, vol. 65, pp. 562–569, 2017, doi: 10.1016/j.apergo.2016.10.015.