



Ergonomic Chairless Chair Operator Assembly Manufaktur Otomotif untuk Mengurangi Gejala Musculoskeletal Disorders

Ainun Nidhar*, Agus Edy Pramono

Program Studi Magister Terapan Rekayasa Teknologi Manufaktur, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G.A. Siwabessy, Kampus UI 16425, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Artikel Masuk: 11 Juni 2024

Artikel direvisi: 18 September 2024

Artikel diterima: 26 Oktober 2024

Kata kunci

Chairless Chair
Manufaktur
MSDs
NBM
REBA

Keywords

Chairless chair
Manufacture
MSDs
NBM
REBA

ABSTRAK

Musculoskeletal Disorders (MSDs) menjadi salah satu penyebab Penyakit Akibat Kerja (PAK) sebesar 16% dengan industri otomotif menjadi sektor penyumbang MSDs terbesar ketiga. Dengan berkembangnya industri otomotif di Indonesia sebesar 10.3%, menyebabkan peningkatan kapasitas produksi sehingga waktu produksi unit akan menjadi lebih cepat. Siklus tersebut dapat mempengaruhi peningkatan Work-Related MSDs pada pekerja otomotif terkait masalah aktivitas material handling utamanya perakitan yang menjadi kunci pada proses otomotif. Penelitian mengenai MSDs di sektor industri manufaktur otomotif penting untuk dilakukan, mengingat banyaknya faktor risiko terjadinya MSDs pada operator di sektor tersebut. Objek penelitian yang dianalisis adalah departemen perakitan interior pada lini produksi. Analisa postur kerja terhadap risiko MSDs dilakukan menggunakan metode Rapid Entire Body Assessment (REBA) dan penilaian Nordic Body Map (NBM) untuk mengetahui gejala-gejala MSDs yang dirasakan operator. Skor REBA sebesar 11 menunjukkan risiko tinggi terjadinya cedera muskuloskeletal yang membutuhkan tindakan segera, sedangkan hasil Nordic Body Map menunjukkan adanya keluhan pada bagian punggung akibat posisi membungkuk dan tangan kanan akibat proses pengangkatan. Sehingga rekomendasi yang diberikan ialah rancangan alat bantu ergonomis berupa exoskeleton kursi tanpa kursi pada operator proses perakitan interior untuk mengurangi tekanan pada punggung. Rancangan yang diusulkan perlu dibuat prototipe dan diteliti lebih lanjut nilai efektivitas penurunan risiko MSDs, serta dari segi ketahanan dan kekuatan materialnya.

ABSTRACT

Musculoskeletal Disorders (MSDs) account for 16% of Occupational Diseases (OPDs), with the automotive industry being the third largest contributor to MSDs. The development of the automotive industry in Indonesia by 10.3% has led to increased production capacity, resulting in faster unit production times. This cycle can lead to increased Work-Related MSDs among automotive workers, particularly in material handling activities, especially assembly, which is key to the automotive process. Research on MSDs in the automotive manufacturing industry sector is important due to the numerous risk factors for MSDs among operators in the sector. The research focused on the interior assembly department on the production line. Work posture analysis of MSDs risk was conducted using the Rapid Entire Body Assessment (REBA) method and Nordic Body Map (NBM) assessment to determine the symptoms of MSDs experienced by operators. The REBA score 11 indicates a high musculoskeletal injury risk requiring immediate action. The Nordic Body Map results show complaints related to the back due to the bending position and the right hand due to the lifting process. As a recommendation, the design of ergonomic aids in the form of chairless chair exoskeletons for interior assembly process operators is suggested to reduce back pressure. The proposed design needs to be prototyped and further researched for its effectiveness in reducing the risk of MSDs and in terms of the durability and strength of the material.

* Penulis Korespondensi

Ainun Nidhar
E-mail ainun241294@gmail.com

This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



© 2024. Some rights reserved

1. PENDAHULUAN

Penyakit Akibat Kerja (PAK) merupakan suatu penyakit yang timbul akibat pekerjaan yang dilakukan atau karena lingkungan kerja, meliputi jenis penyakit dari sebuah aktivitas pekerjaan baik karena faktor fisika, biologi atau kimia, adanya gangguan sistem organ maupun kecelakaan kerja (Perpres RI, 2019). Gangguan sistem organ yang dimaksud dapat terjadi pada sistem

pernafasan, mental dan perilaku, penyakit kulit, maupun gangguan otot dan saraf. Salah satu gangguan otot akibat kerja adalah *Musculoskeletal Disorders (MSDs)*, yaitu gangguan degeneratif, metabolik maupun cedera atau trauma mekanis (Direktorat Jendral Pelayanan Kesehatan, 2024). Beberapa hal yang dapat meningkatkan faktor risiko MSDs yaitu usia pekerja, indeks massa tubuh pekerja, jam bekerja dan posisi dalam bekerja

(Njaka *et al.*, 2021).

MSDs menjadi ancaman bagi pekerja (Tunang *et al.*, 2022) karena terjadinya kenaikan jumlah MSDs diseluruh dunia (Luan *et al.*, 2018). Untuk kasus di Indonesia, MSDs menyerang 16% dari 9.482 pekerja pada studi yang dilakukan pada dua belas kabupaten (Departemen Kesehatan, 2005). Sementara di Australia pada tahun 2019 hingga 2020 jumlah penyakit akibat kerja akibat MSDs mencapai 58% atau sekitar 67.000 kasus dengan 32% adalah penyakit MSDs dan 68% merupakan cedera otot MSDs, dengan tiga sektor penyumbang MSDs terbesar yaitu tenaga kesehatan dan sosial (18,2%), konstruksi (11,2%) dan industri manufaktur (11,4%) (Mak & Wong, 2023).

Tingginya permintaan konsumen tentunya akan menuntut peningkatan kapasitas produksi serta berdampak pada kecepatan waktu produksi atau *cycle time* dan berakibat pada tingginya frekuensi gerakan berulang yang dilakukan operator sehingga berisiko meningkatkan cedera MSDs (Mohamad *et al.*, 2013), dengan demikian penilaian risiko MSDs perlu dilakukan untuk mendapatkan postur tubuh pekerja serta kondisi kerja yang efektif. Hasil kajian di beberapa negara menunjukkan *Work-Related MSDs* (WR-MSDs) sektor industri otomotif menghasilkan masalah ergonomi yang cukup serius dari aktivitas *tightening*, *material handling*, mengangkat, serta pekerjaan perakitan sehingga aktivitas-aktivitas tersebut, faktor risiko fisik, frekuensi aktivitas, serta postur tubuh dapat meningkatkan risiko MSDs pada bagian tubuh siku, bahu, tangan, dan pergelangan tangan, tubuh bagian atas untuk operator *assembly* manufaktur truk (Zare *et al.*, 2015). Hasil *ergonomic assessment* pada mekanik di Bangladesh menunjukkan bahwa 77% pekerja mengalami gejala MSDs setidaknya pada satu bagian tubuh yaitu punggung bawah (67%) dan pinggul (53%) dan gejala ini dipengaruhi oleh jam kerja yang panjang serta postur tubuh yang tidak nyaman (Akter *et al.*, 2016).

Penelitian mengenai MSDs sektor manufaktur bidang otomotif di Indonesia masih belum banyak dibahas, adapun penelitian MSDs di Indonesia mengarah pada sektor tenaga kesehatan (Dewi *et al.*, 2019; Tunang *et al.*, 2022), pekerja kantor, industri tekstil (Ajhara *et al.*, 2022), dan sektor informal (Tjahayingtyas, 2019). Padahal dalam jangka panjang MSDs akan berdampak pada sektor ekonomi dikarenakan terdapat jumlah hari kerja yang hilang akibat tingginya absensi pekerja karena keluhan MSDs sehingga mengurangi efisiensi produksi manufaktur, yang kedepannya akan menurunkan Pendapatan Domestik Bruto (PDB) hingga 2% (Solomon, 2023). Maka dari itu penelitian MSDs di sektor industri manufaktur otomotif utamanya di Indonesia akan menjadi hal menarik untuk dibahas, mengingat banyaknya pekerjaan yang dilakukan sehingga faktor risiko MSDs pada operator juga besar. Masalah yang dihadapi oleh perusahaan otomotif ialah usia operator yang semakin bertambah dengan beban kerja yang terus berulang, sehingga nantinya akan muncul masalah kesehatan yang akut (Landau *et al.*, 2008).

Solusi yang ditawarkan yaitu operator yang dianggap usianya sudah kurang produktif diberikan opsi untuk mengajukan pensiun dini sebelum muncul keluhan MSDs atau dimasa kini masa kerja operator ditentukan

bertahap melalui kontrak kerja tahunan, namun hal ini nantinya akan menimbulkan kesenjangan sosial dan ekonomi yang lebih tinggi, sehingga solusi alternatifnya ialah menghilangkan titik bahaya bagi ergonomi operator dengan modifikasi model kerja (Landau *et al.*, 2008). Modifikasi yang dimaksud ialah dengan melakukan tindakan teknis, dapat berupa evaluasi tata letak kerja atau desain alat bantu ergonomi (Solomon, 2023) untuk operator terutama pada proses *interior assembly* (Gambar 1), dengan potensi MSDs yang dapat terjadi pada bagian tulang belakang, leher dan lutut dengan durasi pekerjaan *assembly* untuk satu unit selama delapan puluh detik dan total produksi/*shift* adalah 117. Tujuan pada penelitian ini adalah melakukan *ergonomic assessment* untuk dianalisa hasilnya dan memberikan rekomendasi modifikasi teknis untuk mengurangi risiko MSDs.



Gambar 1. Postur Operator saat Aktivitas Perakitan Interior Part

2. METODE PENELITIAN

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini ditujukan untuk menentukan desain alat bantu ergonomi yang dibutuhkan untuk mengurangi gejala MSDs pada operator otomotif khususnya pada aktivitas *interior assembly*. Hal yang perlu dilakukan pertama kali ialah melakukan kajian kondisi lapangan sehingga selanjutnya dapat diketahui metode *ergonomic assessment* yang akan digunakan.

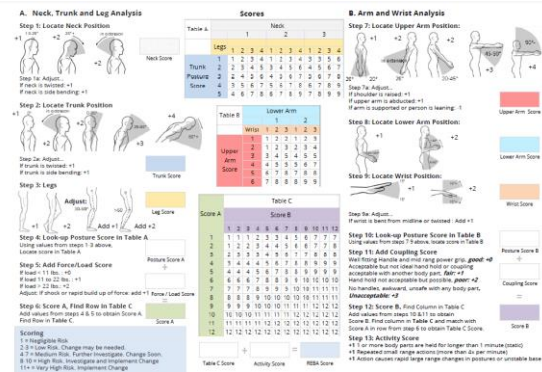
2.1. Rapid Body Entire Assessment

Rapid Body Entire Assessment (REBA) diperkenalkan pada tahun 2000, merupakan metode *ergonomic assessment* yang telah dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan para praktisi agar bisa lebih spesifik dalam menilai postur kerja yang tidak ditemukan pada metode lainnya. REBA adalah sistem analisis postural terhadap risiko MSDs dalam berbagai pekerjaan yang didasarkan pada peringkat spesifik segmen tubuh dalam bidang gerakan tertentu menggunakan penilaian untuk suatu aktivitas termasuk postur statis, dinamis, gerakan yang tidak stabil hingga dicapai tolak ukur untuk urgensi sebuah tindakan (Hignett & McAtamney, 2000).

Empat tabel pada *REBA worksheet* (Gambar 2), pada Tabel A merupakan penilaian postur bagian leher, batang tubuh, dan tungkai kaki yang disesuaikan dengan derajat posisinya sehingga didapatkan *posture score* A yang dijumlahkan dengan nilai beban yang diterima operator, maka didapatkan *Score* A. Selanjutnya pada Tabel B digunakan untuk menilai bagian tubuh punggung atas, punggung bagian bawah dan

pergelangan tangan yang disesuaikan dengan derajat postur tubuh operator yang kemudian ditambahkan dengan beban kerja yang diterima, lalu didapatkan *Score B*. Skor akhir dari *REBA* ditentukan pada Tabel C, dimana *Score A* dan *B* yang didapatkan sebelumnya dimasukkan kedalam Tabel C lalu ditambahkan dengan *activity score*, sehingga menghasilkan skor tunggal yang mewakili tingkat risiko *MSDs* (Tabel 1).

pertanyaan 0-1 untuk bagian leher, 5,7,8 dan 9 untuk bagian tulang belakang, 2-17 bagian tangan kanan dan kiri, serta 18-27 bagian kaki kanan dan kiri. Setiap bagian tubuh akan diberikan skor 1-4 dimana 1 tidak dirasakan sakit, 2 sedikit sakit, 3 sakit dan 4 sangat sakit. Total nilai dari seluruh pertanyaan akan menunjukkan level risiko *MSDs* dari koresponden (Tabel 2).



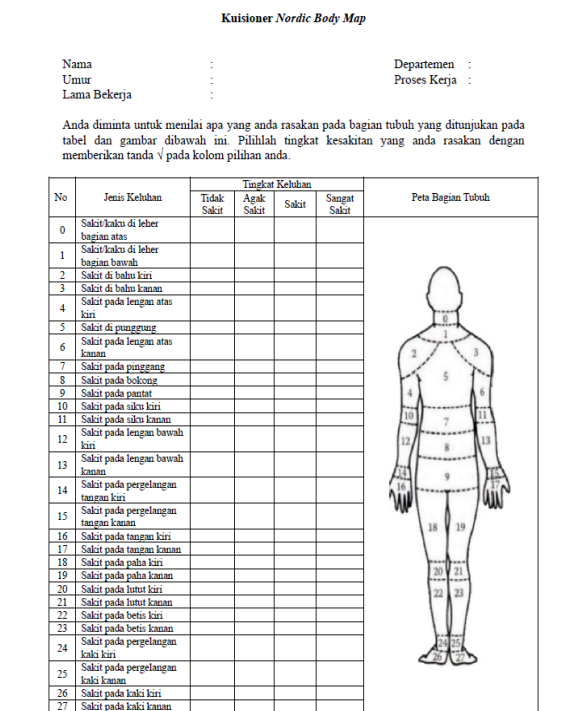
Tabel 1. Level Risiko *MSDs* Berdasarkan Penilaian *REBA* (Hignett & McAtamney, 2000)

Skor	Saran
1	Risiko diabaikan, tidak membutuhkan aksi
2-3	Risiko rendah, perubahan mungkin diperlukan
4-7	Risiko sedang, investigasi lebih lanjut
8-10	Risiko tinggi, investigasi dan perubahan secepatnya
11+	Sangat berisiko, terapkan perubahan

Gambar 2. *REBA Worksheet* (Hignett & McAtamney, 2000)

Tabel 2. Skor Level Risiko *MSDs* Metode *NBM* (Adiyanto et al., 2022)

Level Risiko	Total Skor	Saran
Low Risk	28-49	Tidak dibutuhkan pengembangan
Medium Risk	50-70	Bandingkan jika dilakukan <i>improvement</i>
High Risk	71-91	Butuh pengembangan dan perbaikan
Very High Risk	92-112	Segera dilakukan perbaikan



Gambar 3. Kuesioner dan Sketsa Tubuh pada *Nordic Body Map* (Adiyanto et al., 2022)

2.2. *Nordic Body Map*

Nordic Body Map (NBM) adalah *assessment* berbentuk kuesioner (Gambar 3), yang diberikan kepada empat orang koresponden dari bagian *interior assembly* pada dua jam kerja (*shift*) yang berbeda. Kuesioner terdiri dari daftar bagian tubuh beserta sketsa tubuh (Gambar 3), koresponden akan menunjukkan apakah ada gejala *MSDs* pada area-area tubuh tersebut (Elbert et al., 2018). *NBM Questionnaire* terdiri dari dua puluh tujuh pertanyaan, dengan poin

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. *Rapid Entire Body Assessment*

Penilaian *REBA* untuk postur operator *interior assembly* (Gambar 4) dengan tinggi badan operator 165 cm, sesuai dengan Tabel A (Gambar 5), maka untuk bagian leher (*neck*) dalam kasus ini dalam posisi perpanjangan sebesar 37° ke arah belakang (+2 poin), kemudian postur leher memutar (+1 poin), *neck score* adalah 3. Posisi punggung (*trunk*) operator berada di antara sudut 0-20° (+2 poin), dan punggung bergerak memutar (+1 poin), sehingga skor pada bagian punggung adalah 3. Bagian kaki (*leg*) diberikan skor 2, dengan *adjust* sebesar lebih dari 164° (+2) sehingga skor pada bagian kaki adalah 4. Setelah angka-angka diatas dimasukkan dalam Tabel A, didapatkan *posture score A* ialah 8, *muscle score* diberikan angka 0 karena posisi operator melakukan pekerjaan tersebut kurang dari sepuluh menit, Sementara *force/load score* diberikan angka 0, karena beban kurang dari 11 lb, sehingga *Score A* ialah 8.

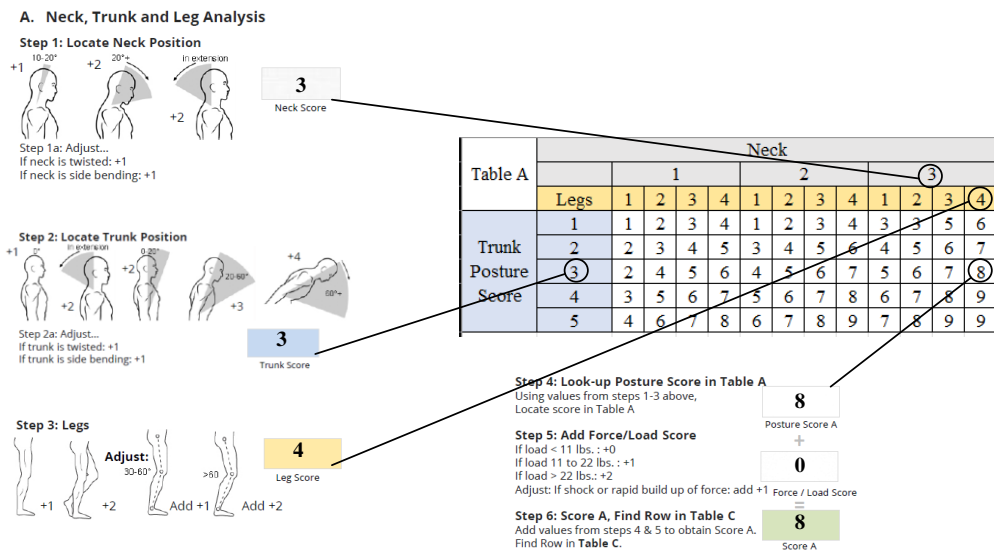
Perhitungan pada Tabel B (Gambar 6), dimana bagian tubuh meliputi lengan atas, lengan bawah dan pergelangan tangan. Dari Gambar 1 untuk posisi lengan atas (*upper arm*) operator bekerja pada posisi 119°(4 poin), lalu posisi bahu terangkat (+1 poin), dan lengan atas menjauh dari badan (+1 poin), sehingga lengan atas diberikan skor 6. Untuk lengan bawah (*lower arm*), diketahui bahwa lengan bawah juga ikut terangkat 134° sehingga lengan bawah diberikan skor 2. Posisi

pergelangan tangan (*wrist*) membentuk sudut 29° (2 poin), dengan pergelangan tangan bergerak memutar melewati garis tangan (+1 poin), sehingga total skor untuk pergelangan tangan adalah 3. Dari angka-angka diatas lalu dimasukkan ke dalam Tabel B, sehingga didapatkan *posture score* adalah 9. Untuk *coupling score* diberikan angka 0, karena posisi tangan operator bekerja dengan jarak menengah, sehingga *Score B* ialah 9.

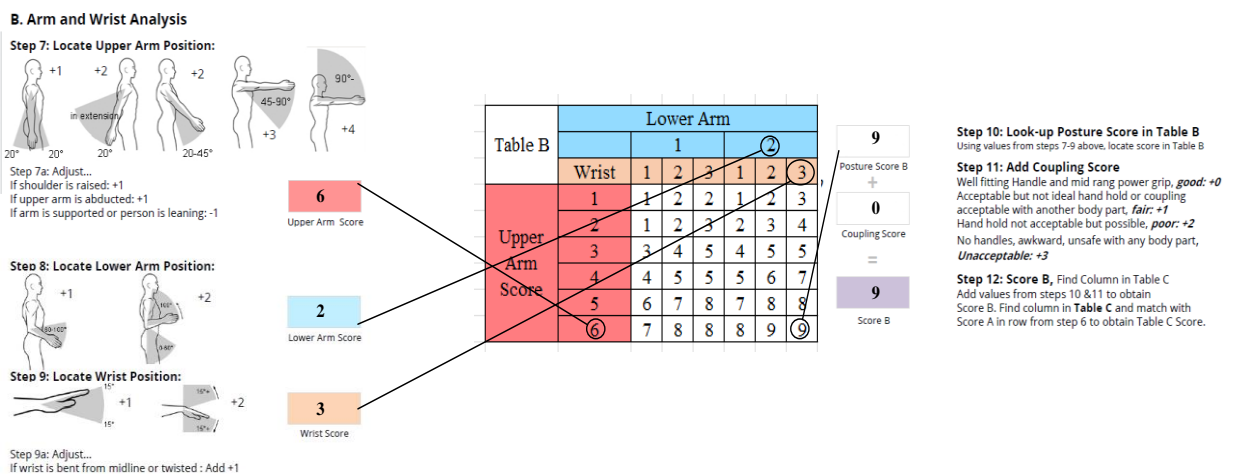
Skor akhir dari *REBA* didapatkan dengan memasukan *Score A* serta *Score B* pada Tabel C (Gambar 7), didapatkan *Table Score C* ialah 10, lalu terdapat *activity score* (+1) karena dua bagian tubuh menahan selama lebih dari satu menit, sehingga *REBA Score* adalah 11. Dari Tabel 1 diketahui bahwa *REBA Score* 11+ merupakan risiko tinggi *MSDs*, sehingga dalam postur operator saat pemasangan *interior part* ini memiliki risiko tinggi dan dibutuhkan implementasi segera untuk mengurangi risiko *MSDs*.



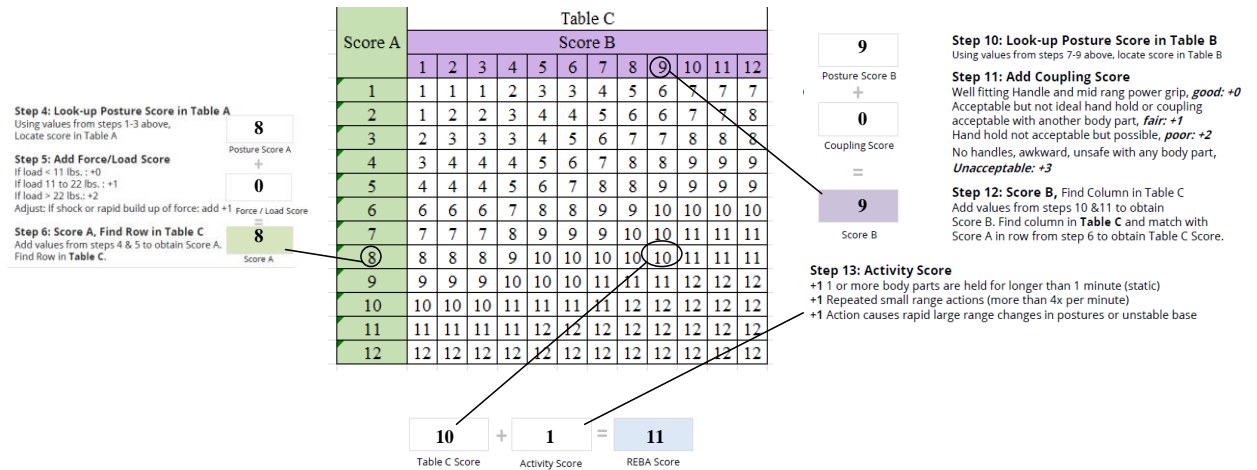
Gambar 4. Penilaian Sudut Postur Tubuh pada Operator Interior Assembly



Gambar 5. Penilaian REBA pada Tabel A



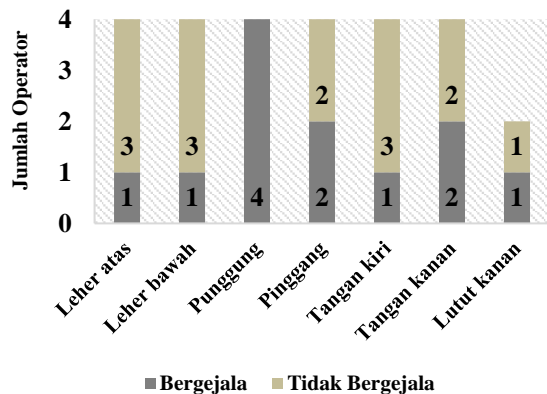
Gambar 6. Penilaian REBA pada Tabel B



Gambar 7. Penilaian REBA pada Tabel C

3.2. Nordic Body Map

Pengisian kuesioner dilakukan oleh empat orang operator *interior part assembly*, dengan dari hasil penilaian berdasarkan kuisisioner didapatkan bahwa 1 orang operator mengalami risiko tinggi MSDs, 1 orang operator dengan risiko sedang, dan 2 orang operator dengan risiko rendah (Tabel 3).. Operator yang mengalami risiko tinggi MSDs merupakan operator *headlining* yang memiliki tugas mengangkat *headlining* dari rak bersusun, serta risiko sedang pada operator melakukan pemasangan *casing AC*.



Gambar 8. Nordic Body Map Result

Hasil kuesioner didapatkan bahwa operator mengalami keluhan dimana 100% mengalami keluhan sakit pada bagian punggung, 50% pada pinggang dan tangan kanan, serta 25% pada bagian leher atas, leher bawah, tangan kiri dan lutut kanan, sementara bagian

tubuh lainnya belum menunjukkan gejala atau keluhan sakit (Gambar 8). Bagian punggung memiliki banyak keluhan bisa dikarenakan posisi kerja operator yang didominasi postur membungkuk saat proses *assembly*, sehingga terjadi perubahan maupun pergeseran titik pusat beban tubuh, hingga sakit dapat menjalar ke bagian pinggang.

Hasil REBA didapatkan hasil bahwa operator mengalami risiko tinggi mengalami MSDs, walaupun hasil NBM masih menunjukkan level risiko rendah namun sakit yang dirasakan merupakan gejala awal dari MSDs yang bila tidak ditangani dapat menjadi masalah MSDs kronis, terlebih adanya faktor bertambahnya usia serta kondisi fisik operator. Sehingga dibutuhkan alat bantu ergonomis yang dapat membantu pencegahan MSDs dan mengurangi keluhan MSDs pada operator *interior assembly* utamanya pada bagian punggung. Risiko MSDs pada bagian tubuh tulang belakang, pinggul, kaki dan pergelangan kaki yang terjadi akibat aktivitas mengangkat serta perakitan dapat bisa dikurangi dan dicegah menggunakan dengan melakukan *hazard control* yang dilakukan perusahaan. Terdapat lima tingkat pengendalian risiko, tingkat paling rendah ialah penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), melakukan kontrol administratif, *engineering control*, substitusi peralatan dan eliminasi kegiatan atau proses yang meningkatkan risiko MSDs (Occupational Safety and Health Administration, 2012). Substitusi dan eliminasi tidak dapat dilakukan pada aktivitas *assembly* ini, karena dibutuhkan investasi lebih mahal untuk mengganti peralatan dengan alternatif peralatan baru yang lebih aman atau dalam kasus ini, dan aktivitas *assembly* tidak dapat dihilangkan pada proses manufaktur (Ajslev et al., 2022).

Tabel 3. Hasil level risiko MSDs Penilaian Nordic Body Map Berdasarkan Pain Level

Sampel	Usia (tahun)	Masa Kerja (tahun)	Tinggi Badan (cm)	Total Skor NBM	Risk Level
1	22	2 tahun	165	30	Low Risk
2	22	2 tahun	170	29	Low Risk
3	20	5 bulan	162	33	Low Risk
4	18	5 bulan	178	29	Low Risk

Engineering control melalui alat bantu *exoskeleton chairless chair* merupakan alat mekanis yang digunakan operator dan untuk membantu disabilitas untuk mendapatkan kembali gerakan tubuhnya. *Chairless chair exoskeleton* telah dievaluasi penggunaannya, dan didapatkan memiliki kelebihan dapat mengurangi aktivitas otot tubuh bagian bawah sebesar 54% (Rafique et al., 2024), hal ini pun dinilai lebih efektif karena bisa digunakan pada semua *line assembly* serta segi biaya dibanding membuat alat bantu *assembly* seperti *arm robot*. Allias et al. (2015) telah membuat kerja *exoskeleton* guna mengurangi beban eksternal pekerja selama berjalan, duduk dan berdiri, hasil desain lalu disimulasikan menggunakan *finite element* untuk mencari beban maksimum dari kursi *exoskeleton* yang dibuat. Material kursi *exoskeleton* ialah baja ringan, hasil simulasi menunjukkan bahwa beban maksimum yang dapat diterima ialah 100 kg, jika lebih dari beban tersebut maka bagian *damper* kursi akan melengkung sehingga akan terjadi kegagalan, sehingga dari segi material masih harus dioptimalkan. Pada tahun 2018 telah dirancang *chairless chair exoskeleton* untuk pekerja industri yang bekerja dengan durasi delapan hingga sepuluh jam pada posisi berdiri, sehingga kursi dirancang pada beban 100 kg bermaterial aluminium untuk alas duduknya, adapun terdapat penambahan sabuk pengencang ke pinggul serta tali yang melingkari bagian paha (Madane et al., 2018).

Perancangan *chairless chair* juga telah dilakukan untuk pekerja industri dan petani (Magdum & Jadhav, 2018), dengan piston silinder sebagai aktuatornya. *Chairless chair* ditinjau kembali dengan tujuan mengembangkan struktur kerangka eksternal yang lebih efisien dari segi biaya dan dapat mendukung postur tubuh saat duduk, berdiri dan berjalan, dengan bobot 3 kg kursi ini mampu digunakan seperti sepasang kaki tambahan untuk memberikan dukungan untuk duduk seperti tanpa kursi dan mengadopsi postur tubuh yang lebih nyaman, pengguna juga dapat berjalan seperti biasa dan dapat disesuaikan strukturnya jika ingin digunakan untuk duduk atau bersandar, diharapkan kedepannya kursi ini dapat menggunakan material komposit untuk lebih meminimalisir berat dan meningkatkan kekuatan struktur, serta diharapkan adanya metode penguncian yang berbeda untuk memberikan fungsi kursi yang lebih baik (C et al., 2019).

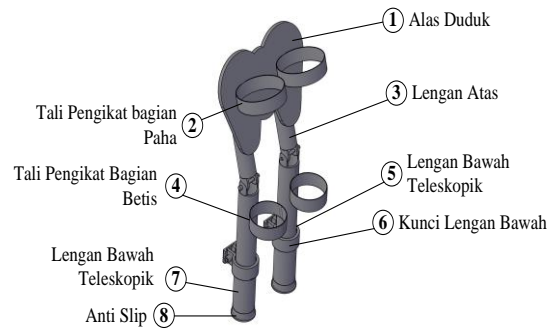
Chairless chair juga pernah ditinjau sebagai alat bantu dokter bedah tulang saat proses operasi dengan kesimpulan bahwa, *chairless chair exoskeleton* memiliki potensi besar untuk meminimalkan kekakuan otot dan masalah sistem *muscoluskeletal* saat dokter bedah dalam postur berdiri dalam waktu yang lama (Santoso et al., 2022). Terdapat dua patent desain *chairless chair exoskeleton* yang dipublikasikan pada tahun 2015 dengan tujuan untuk menyediakan alat bantu postur yang lebih luas terdiri dari penyangga atas untuk menyambung ke paha dan penyangga bawah untuk menyambung ke bagian betis disertai dua buah peredam (Iida et al., 2015).

Chairless chair juga pernah ditinjau sebagai alat bantu dokter bedah tulang saat proses operasi dengan kesimpulan bahwa, *chairless chair exoskeleton* memiliki potensi besar untuk meminimalkan kekakuan otot dan masalah sistem *muscoluskeletal* saat dokter bedah

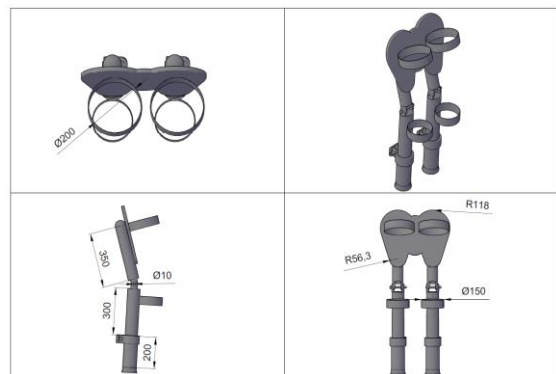
dalam postur berdiri dalam waktu yang lama (Santoso et al., 2022). Terdapat dua patent desain *chairless chair exoskeleton* yang dipublikasikan pada tahun 2015 dengan tujuan untuk menyediakan alat bantu postur yang lebih luas terdiri dari penyangga atas untuk menyambung ke paha dan penyangga bawah untuk menyambung ke bagian betis disertai dua buah peredam (Iida et al., 2015).

Dari hasil pengkajian jurnal-jurnal penelitian dan paten mengenai *chairless chair exoskeleton*, belum adanya *chair exoskeleton* yang dapat disesuaikan ketinggiannya berdasarkan jarak antara bidang lantai dengan objek kerja, maka rekomendasi pada perancangan ini ialah *chairless chair exoskeleton* dengan pemanjangan lengan penyangga atas (bagian paha) serta lengan penyangga bawah (bagian betis) menggunakan sistem teleskopik, bukan dengan silinder sebagai aktuator, ditambah dengan sistem penguncian sehingga lebih luas lagi jangkauan.

Chairless chair exoskeleton desain ini (Gambar 9) dengan ukurannya (Gambar 10), yang terdiri dari alas duduk yang dikaitkan langsung pada lengan atas untuk menumpu bagian paha, sementara lengan bawah untuk menopang bagian betis hingga ujung kaki terdiri dari dua bagian yaitu lengan tetap, dan lengan teleskopik dilengkapi dengan pengunci, sehingga ketinggian kursi dapat disesuaikan dengan kebutuhan dan posisi operator yang menggunakannya. *Chairless chair exoskeleton* diharapkan dapat mengurangi keluhan sakit bahkan cedera *MSDs* utamanya pada bagian punggung operator sehingga dapat meningkatkan efisiensi produksi. Namun desain ini masih perlu diuji melalui pembuatan prototipe dan pengujian kekuatan untuk menahan beban dari berat pekerja.



Gambar 9. Desain Chairless Chair



Gambar 10. Dimensi Desain Chairless Chair

4. KESIMPULAN

Hasil REBA menunjukkan risiko sangat besar terjadinya cedera MSDs. Hal tersebut didukung dengan data *Nordic Body Map* yang mana operator mengalami keluhan sakit pada bagian punggung sebagai akibat dari posisi membungkuk yang terlalu sering, serta keluhan pada bagian tangan kanan akibat proses mengangkat. Penggunaan *chairless chair exoskeleton* diharapkan dapat meningkatkan kenyamanan dan efisiensi kerja operator serta mengurangi tekanan pada bagian tubuh yang rentan terhadap cedera. Dalam penggunaannya *chairless chair exoskeleton* memerlukan pemahaman yang mendalam tentang kebutuhan dan kondisi kerja operator, seperti lengan bawahnya yang dapat diatur ketinggiannya. Penelitian ini hanya terbatas pada rekomendasi desain dari *chairless chair exoskeleton*, sehingga belum dapat membahas hasil evaluasi REBA setelah penggunaan alat, pemilihan material dan pengujian prototipe. Penelitian dan kajian lanjutan terhadap desain yang dibuat, material yang digunakan, kekuatan material terhadap desain baik menggunakan *finite element* ataupun dibuatkan prototipe guna mengetahui tingkat keberhasilan penggunaannya, menguji kekuatan materialnya serta seberapa efektif *chairless chair* untuk mengurangi keluhan MSDs melalui metode REBA

DAFTAR PUSTAKA

- Adiyanto, O., Mohamad, E., Jaafar, R., Ma'ruf, F., Faishal, M., & Anggraeni, A. (2022). Application of Nordic Body Map and Rapid Upper Limb Assessment for Assessing Work-related Musculoskeletal Disorders: A case study in Small and Medium Enterprises. *The International Journal of Integrated Engineering*, 14(4), 10–19. <https://doi.org/10.30880/ijie.2022.14.04.002>
- Ajhara, S., Novianus, C., & Muzakir, H. (2022). Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Keluhan Musculoskeletal Disorders (Msd) pada Pekerja Bagian Sweing PT.X pada Tahun 2022. *Jurnal Fisioterapi Dan Kesehatan Indonesia*, 2(2), 150–162. <https://doi.org/10.59946/jfki.2022.121>
- Ajslev, J. Z. N., Møller, J. L., Andersen, M. F., Pirzadeh, P., & Lingard, H. (2022). The Hierarchy of Controls as an Approach to Visualize the Impact of Occupational Safety and Health Coordination. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(5). <https://doi.org/10.3390/ijerph19052731>
- Akter, S., Rahman, M. M., Mandal, S., & Nahar, N. (2016). Musculoskeletal symptoms and physical risk factors among automobile mechanics in Dhaka, Bangladesh. *South East Asia Journal of Public Health*, 6(1), 8–13. <https://doi.org/10.3329/seajph.v6i1.30338>
- Allias, A., Awang, M. M., Shah, A. A., Azraee, Z., & Arif, M. (2015). Design and Development of a Lower Body Exoskeleton. *2nd Integrated Design Project Conference (IDPC)*. <https://www.researchgate.net/publication/289673535>
- C, S., Kumar G, S., P S, P., & J G, P. (2019). Design and Fabrication of Chairless Chair. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 9(2), 103–107. <https://doi.org/10.35940/ijtee.a4968.129219>
- Departemen Kesehatan. (2005). *Profil Masalah Kesehatan Tahun 2005*. Jakarta: Departemen Kesehatan RI. <http://www.kesehatankerja.depkes.go.id?p=18>
- Dewi, N. F., Gawat, I., & Igd, D. (2019). Risiko Musculoskeletal Disorders (MSDs) pada Perawat Instalasi Gawat Darurat (IGD). *Jurnal Vokasi Indonesia*, 7(2). <https://doi.org/10.7454/jvi.v7i2.152>
- Direktorat Jendral Pelayanan Kesehatan (2024). *Apa yang Disebut dengan Gangguan Musculoskeletal?*. https://yanke.kemkes.go.id/view_artikel/3184/
- Elbert, K. E. K., Kroemer, H. B., & Hoffman, A. D. K. (2018). Front matter. In B. Guerin (Ed.), *Ergonomics* (Third, p. iii). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813296-8.00016-5>
- Hignett, S., & McAtamney, L. (2000). Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, 31(2), 201–205. [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(99\)00039-3](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(99)00039-3)
- Iida, F., Anastasiades, B., & Gunura, K. (2015). *Wearable posture assisting device* (Patent 13004208.0). <https://patents.google.com/patent/EP2842527A1/en>
- Landau, K., Rademacher, H., Meschke, H., Winter, G., Schaub, K., Grasmueck, M., Moelbert, I., Sommer, M., & Schulze, J. (2008). Musculoskeletal disorders in assembly jobs in the automotive industry with special reference to age management aspects. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 38(7–8), 561–576. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2008.01.006>
- Luan, H. D., Hai, N. T., Xanh, P. T., Giang, H. T., Van Thuc, P., Hong, N. M., & Khue, P. M. (2018). Musculoskeletal Disorders: Prevalence and Associated Factors among District Hospital Nurses in Haiphong, Vietnam. *BioMed Research International*, 2018, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2018/3162564>
- Madane, R. B., Pawar, S. M., Patil, R. B. R., & Raste, R. M. (2018). A Review on Design and Development of Chairless Chair by Using Damper. *Proceedings of National Conference on Technological Developments in Civil and Mechanical Engineering*, 2015, 136–138. <https://repo.journalnx.com/index.php/nx/article/view/2454>
- Magdum, R. M., & Jadhav, S. M. (2018). Design and Implementation of Chair Less Seating Arrangement for Industrial Workers and Farmers. *GRD Journal for Engineering*, 3(8), 5–11. https://www.grdjournal.com/article?paper_id=GRDJEV03I080021
- Mak, D. Y., & Wong, P. (2023). Musculoskeletal Disorders. In *Medical Radiology: Vol. Part F1243* (Issue May, pp. 105–180).

- https://doi.org/10.1007/174_2022_373
- Mohamad, D., Md Deros, B., Ismail, A. R., Daruis, D. D. I., & Sukadarin, E. H. (2013). RULA Analysis of Work-Related Disorder among Packaging Industry Worker Using Digital Human Modeling (DHM). *Advanced Engineering Forum*, 10, 9–15. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AEF.10.9>
- Njaka, S., Mohd Yusoff, D., Anua, S. M., Kueh, Y. C., & Edeogu, C. O. (2021). Musculoskeletal disorders (MSDs) and their associated factors among quarry workers in Nigeria: A cross-sectional study. *Heliyon*, 7(2), e06130. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06130>
- Occupational Safety and Health Administration. (2012). Hazard Prevention And Control: Worksheet 1 What Is the Hierarchy of Controls? *Product of Osha'S Recommended Practices for Safety & Health Programs*, 1–5. https://www.osha.gov/sites/default/files/Hierarchy_of_Controls_02.01.23_form_508_2.pdf
- Perpres RI. (2019). Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2019 Tentang Penyakit Akibat Kerja. <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/101622/perpres-no-7-tahun-2019>
- Rafique, S., Rana, S. M., Bjorsell, N., & Isaksson, M. (2024). Evaluating the advantages of passive exoskeletons and recommendations for design improvements. *Journal of Rehabilitation and Assistive Technologies Engineering*, 11, 1–13. <https://doi.org/10.1177/20556683241239875>
- Santoso, G., Sugiharto, S., Mughni, A., Ammarullah, M. I., Bayuseno, A. P., & Jamari, J. (2022). Chairless Chairs for Orthopedic Surgery Purpose – A Literature Review. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 10(F), 146–152. <https://doi.org/10.3889/oamjms.2022.8148>
- Solomon, B. D. (2023). Sustainable manufacturing. In *Dictionary of Ecological Economics*. Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781788974912.S.110>
- Tjahayuningtyas, A. (2019). Factors Affecting Musculoskeletal Disorders (MSDs) in Informal Workers. *Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*, 8(1), 1–10. <https://doi.org/10.20473/ijosh.v8i1.2019.1-10>
- Tunang, I. P., Utama, W. T., & Ismunandar, H. (2022). Gangguan Muskuloskeletal Akibat Kerja: Epidemiologi, Faktor Risiko, Gejala Klinis, Tatalaksana dan Pencegahan. *Jurnal Kesehatan dan Agromedicine*, 9(2), 109-115. <https://juke.kedokteran.unila.ac.id/index.php/agro/article/view/3096>
- Zare, M., Bodin, J., Cercier, E., Brunet, R., & Roquelaure, Y. (2015). Evaluation of ergonomic approach and musculoskeletal disorders in two different organizations in a truck assembly plant. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 50, 34–42. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2015.09.009>