

# HUBUNGAN BERAT TAS TERHADAP KELUHAN MUSKULOSKELATAL PADA SISWA KELAS 12 DI SMK SIRAJUL FALAH KABUPATEN BOGOR

Oleh:

Dini Nur Alpiah<sup>1</sup>

Ramona Kesya Darmawan<sup>2</sup>

Ezra Bernandus Wijaya<sup>3</sup>

Univeristas Binawan

Alamat: Jl. Dewi Sartika No.25-30, Kalibata, Kec. Kramat jati, Kota Jakarta Timur,  
Daerah Khusus Ibukota Jakarta (13630).

Korespondensi Penulis: [Dininuralviah@gmail.com](mailto:Dininuralviah@gmail.com), [kesyaramona@gmail.com](mailto:kesyaramona@gmail.com),  
[ezra.bwijaya@binawan.ac.id](mailto:ezra.bwijaya@binawan.ac.id).

**Abstract.** **Background:** Musculoskeletal disorders (MSDs) are frequently experienced by adolescents as a result of non-ergonomic daily activities, including the habit of carrying school bags with excessive loads. This study aims to determine the relationship between backpack weight and musculoskeletal complaints among twelfth-grade students of SMK Sirajul Falah. This research employs a quantitative approach with a cross-sectional study design. The population of this study consists of all twelfth-grade students at SMK Sirajul Falah, and the sampling technique used is total sampling. Backpack weight and students' body weight were measured directly using calibrated measuring instruments, while musculoskeletal complaints were assessed using the Nordic Body Map questionnaire. The collected data were analyzed using appropriate statistical tests to identify the association between the independent and dependent variables. The results of this study are expected to provide evidence regarding the risk of musculoskeletal complaints caused by excessive backpack loads and to serve as a basis for developing preventive strategies through the implementation of ergonomic principles in the school environment. **Methods:** A cross-sectional design was conducted with 92 students using the Nordic Body Map

---

Received December 13, 2025; Revised December 25, 2025; January 10, 2026

\*Corresponding author: [Dininuralviah@gmail.com](mailto:Dininuralviah@gmail.com)

# HUBUNGAN BERAT TAS TERHADAP KELUHAN MUSKULOSKELATAL PADA SISWA KELAS 12 DI SMK SIRAJUL FALAH KABUPATEN BOGOR

*questionnaire and a luggage scale. Data were analyzed using Spearman's correlation test. Results: The average bag weight was  $2.6 \pm 0.5$  kg and the average musculoskeletal complaint score was  $53.0 \pm 13.0$ , with the highest complaints in the lower back, upper back, and right shoulder. Spearmans test showed  $p = 0.724$  and  $r = -0.037$ , indicating no significant relationship. Conclusion: Musculoskeletal complaints are influenced by various factors beyond bag weight, such as carrying duration, carrying method, posture, bag design, and electronic device usage habits.*

**Keywords:** Bag Weight, Musculoskeletal Disorder, Nordic Body Map, Vocational High School Students.

**Abstrak. Latar Belakang:** MSDs sering dialami oleh remaja sebagai akibat dari aktivitas sehari-hari yang tidak ergonomis, salah satunya adalah kebiasaan membawa tas sekolah dengan beban yang berlebihan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan berat tas dengan keluhan musculoskeletal pada siswa kelas XII SMK Sirajul Falah. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain \*cross sectional\*. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XII SMK Sirajul Falah, dengan teknik pengambilan sampel menggunakan total sampling. Pengukuran berat tas dan berat badan responden dilakukan secara langsung menggunakan alat ukur yang terkalibrasi, sedangkan data keluhan musculoskeletal diperoleh melalui kuesioner Nordic Body Map. Data yang terkumpul dianalisis menggunakan uji statistik yang sesuai untuk mengetahui adanya hubungan antara variabel independen dan variabel dependen. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam perencanaan program pencegahan gangguan musculoskeletal serta sebagai dasar penerapan prinsip ergonomi di lingkungan sekolah. **Metode:** Desain *cross-sectional* pada 92 siswa menggunakan kuesioner Nordic Body Map dan *luggage scale*. Analisis menggunakan uji Spearman. **Hasil:** Rata-rata berat tas  $2,6 \pm 0,5$  kg dan skor keluhan  $53,0 \pm 13,0$ , dengan keluhan terbanyak pada punggung bawah, punggung atas, dan bahu kanan. Hasil uji menunjukkan  $p = 0,724$  dan  $r = -0,037$ , sehingga tidak ada hubungan signifikan. **Kesimpulan:** Keluhan musculoskeletal dipengaruhi berbagai faktor lain selain berat tas, seperti durasi dan cara membawa tas, postur tubuh, desain tas, serta kebiasaan penggunaan perangkat elektronik.

**Kata Kunci:** Berat Tas, Keluhan Muskuloskeletal, Nordic Body Map, Siswa SMK.

## LATAR BELAKANG

Gangguan muskuloskeletal (Musculoskeletal Disorders atau MSDs) merujuk pada keluhan atau gangguan pada otot, tendon, sendi, ruas tulang belakang, saraf perifer, dan sistem vaskuler, yang dapat terjadi secara mendadak (akut) maupun perlahan (kronis). Berdasarkan definisi dari *World Health Organization* (WHO), MSDs merupakan salah satu penyakit penyebab disabilitas peringkat kedua di dunia, diukur berdasarkan *Years Lived with Disability* (YLDs) (WHO, 2019). Meskipun gangguan ini sering ditemui pada orang dewasa, remaja dan remaja juga berpotensi mengalaminya, terutama pada fase perkembangan fisik.

MSDs dianggap sebagai masalah nasional pada beberapa negara karena kejadiannya sangat tinggi dan selalu meningkat dari tahun ke tahun, sehingga menyebabkan turunnya produktivitas kerja dengan prevalensi MSDs berkisar antara 80%-93,3%. Penyebabnya banyak dihubungkan dengan lingkungan kerja yang tidak ergonomis (Utami et al., 2018).

MSDs merupakan sekumpulan gejala atau gangguan yang berkaitan dengan jaringan otot, tendon, ligamen, kartilago, sistem saraf, struktur tulang, dan pembuluh darah. MSDs pada awalnya menyebabkan sakit, nyeri, mati rasa, kesemutan, bengkak, kekakuan, gemetar, gangguan tidur, dan rasa terbakar. MSDs ini juga dapat disebut gangguan pada bagian otot skeletal yang disebabkan karena otot menerima beban statis secara berulang dengan jangka waktu yang lama dan dapat mengakibatkan keluhan berupa kerusakan sendi, ligamen dan tendon (Alliyah Nurshabrina et al., 2023).

Prevalensi MSDs secara global meningkat dari 77 juta jiwa pada tahun 2010 menjadi 103 juta jiwa pada tahun 2015. Di Indonesia, prevalensi pada remaja mencapai 24,7%, dengan daerah tertinggi Nusa Tenggara Timur (33,1%), Jawa Barat (32,1%), Bali (30%), dan Sulawesi Selatan (27,7%) (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2013).

Aktivitas belajar yang semakin intensif di sekolah, disertai kewajiban membawa tas berisi buku dan perlengkapan sekolah, dapat menyebabkan beban berlebih pada tubuh siswa. Beban yang terlalu berat, khususnya jika tidak terdistribusi dengan baik, berpotensi menimbulkan ketegangan otot dan sendi, terutama pada punggung, leher, dan bahu. Kondisi ini dapat berkontribusi pada munculnya MSDs, dengan keluhan nyeri punggung bawah yang sering dilaporkan siswa.

# **HUBUNGAN BERAT TAS TERHADAP KELUHAN MUSKULOSKELATAL PADA SISWA KELAS 12 DI SMK SIRAJUL FALAH KABUPATEN BOGOR**

Penelitian Vaghela (2020) mengungkapkan bahwa penggunaan ransel sekolah yang berat berhubungan dengan peningkatan insiden nyeri punggung bawah, perubahan postur yang tidak normal, dan masalah muskuloskeletal lainnya pada remaja. Beban tas yang tidak seimbang dapat mengubah postur tubuh dan meningkatkan risiko gangguan muskuloskeletal.

Meski sebagian besar penelitian menunjukkan bahwa berat tas yang melebihi 5-10% dari berat badan berpotensi menimbulkan keluhan muskuloskeletal, beberapa penelitian melaporkan hasil yang tidak signifikan. Sebagai contoh, penelitian Rajbhandari et al. (2022) pada siswa sekolah menengah di India menemukan bahwa persentase berat tas terhadap berat badan tidak berhubungan signifikan dengan keluhan muskuloskeletal ( $p>0,05$ ), meskipun faktor seperti postur membawa tas dan durasi membawa memiliki pengaruh lebih besar. Temuan serupa juga dilaporkan oleh Dutta et al. (2021), yang menunjukkan bahwa beban tas  $>10\%$  BB tidak secara signifikan meningkatkan skor nyeri pada remaja, namun tetap menurunkan kenyamanan dan meningkatkan kelelahan otot bahu. Hal ini mengindikasikan bahwa hubungan antara berat tas dan keluhan muskuloskeletal dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor lain seperti durasi membawa, teknik membawa, dan kebiasaan postur tubuh.

Penelitian eksperimental menunjukkan bahwa membawa tas dengan beban 5% dari berat badan dapat mengubah sudut batang tubuh dan tungkai secara signifikan, mempengaruhi posisi T12 yang menjadi titik tekan pada tulang belakang bagian bawah (Karen Grimmer et al., 2002). Hal ini menunjukkan bahwa beban tas yang tidak sesuai dapat memicu keluhan muskuloskeletal.

Melihat kondisi di SMK Sirajul Falah di mana banyak siswa kelas 12 Mengalami keluhan nyeri punggung bawah, nyeri punggung atas dah bahu kanan Adapun berat tas yang dibawa rata-rata 5%. Maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai apakah terdapat hubungan berat tas ini perlu

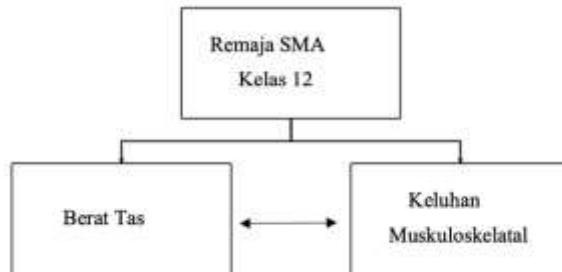
Pada tahap wawancara awal yang dilakukan terhadap beberapa siswa di SMK SIRAJUL FALAH pada tanggal 11 April 2025, ditemukan bahwa Sebagian besar siswa mengeluhkan nyeri pada area punggung bawah punggung atas serta bahu. Keluhan ini muncul seiring kebiasaan siswa membawa tas ransel dan totebag. Berdasarkan temuan tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini Adalah untuk menganalisa □apakah

terdapat Hubungan antara berat tas terhadap keluhan muskuloskeletal pada siswa SMK kelas 12 di SMK SIRAJUL FALAH.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan menggunakan rancangan kuantitatif dengan pendekatan *cross-sectional study*. Variabel independen dan dependen dikumpulkan pada periode yang sama dan dampaknya diukur sesuai dengan keadaan saat penelitian. Pengumpulan data dan pengukuran variabel independen dan dependen adalah bagian dari proses penelitian. Pada penelitian ini meneliti hubungan berat tas terhadap keluhan muskuloskeletal pada siswa smk di smk sirajul falah

Dalam penelitian ini variabel yang diukur adalah pengaruh berat atas terhadap keluhan muskuloskeletal pada anak SMK di SMK Sirajul Falah. Berikut adalah rancangan penelitian dalam bentuk skema:



Gambar 1. Skema

Lokasi penelitian bertempat Di SMK Sirajul Falah Jl. H. Mawi No.11, Bojong Indah, Kec. Parung, Kabupaten Bogor, Jawa Barat 16330. Sampel pada penelitian ini yaitu siswa-siswi yang berada di SMK Sirajul Falah yang berjumlah 92 siswa-siswi. Teknik sampling dalam penelitian ini adalah menggunakan rumus slovin, Penentuan jumlah sampel yang digunakan pada penelitian ini ialah menggunakan rumus Slovin.

# HUBUNGAN BERAT TAS TERHADAP KELUHAN MUSKULOSKELATAL PADA SISWA KELAS 12 DI SMK SIRAJUL FALAH KABUPATEN BOGOR

$$\begin{aligned} n &= \frac{Nn}{1 + N(e)z} \\ n &= \frac{539}{1 + 539(0,1)^2} \\ n &= \frac{539}{1 + 539(0,01)} \\ n &= \frac{539}{6,39} \\ n &= 84 \end{aligned}$$

Keterangan:

- n : ukuran sampel atau jumlah responden N: ukuran populasi  
e : presentase kelonggaran ketelitian kesalahan pengambilan sampel yang masih bisa telolir, e=0,1

Penelitian ini dilakukan melalui kuisioner yang berupa pertanyaan mengenai keluhan nyeri yang ada pada responden. Instrumen penelitian yang digunakan ialah Nordic Body map. Keterangan pilihan sikap yaitu A= Tidak sakit (skor 1), B = Sedikit sakit (skor 2), C = Sakit (skor 3), D = Sangat sakit (skor 4) Dengan interpretasi 28-49: rendah, 50-70: sedang, 71-90: tinggi 91- 112: sangat tinggi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Distribusi Subjek Penelitian

| Jenis kelamin | N  | %    |
|---------------|----|------|
| Laki-laki     | 35 | 38%  |
| Pere mpuan    | 57 | 62%  |
| Total         | 92 | 100% |

Tabel 1 Frekuensi Berdasarkan Jenis Kelamin

Pada Tabel Frekuensi 1 menyatakan bahwa sampel kelas 12 yang mengikuti penelitian berjenis kelamin laki-laki 35 orang (38%) dan perempuan berjumlah 57 (62%) orang total populasi siswa kelas 12 yaitu 92 orang

| Karakteristik variabel | Mean ± SD   | Min | Max | CI 95%      |
|------------------------|-------------|-----|-----|-------------|
| Usia                   | 17. 36± 0.6 | 16  | 19  | 17.23-17.49 |
| Berat Badan            | 52,9 ± 8,9  | 39  | 79  | 51,0-54,8   |

Tabel 2. Hasil Analisa Deskriptif Sampel

Pada tabel 2 menyatakan bahwa rata-rata variabel Berdasarkan Usia menyatakan bahwa rata-rata variabel usia adalah 17. 36 dengan taraf kepercayaan 95% (CI 95%) antara 16-19, variabel berat badan rata-rata 52,9 dengan taraf kepercayaan 95% (CI 95%) antara 39-79.

| Karakteristik variabel  | Mean ± SD   | Min | Max | CI 95%     |
|-------------------------|-------------|-----|-----|------------|
| Berat Tas (Kg)          | 2,6 ± 0,5   | 1,4 | 4,2 | 2.5-2.7    |
| Keluhan Muskuloskeletal | 53.0 ± 13.0 | 31  | 87  | 55, 3-55.7 |

Tabel 3. Hasil Analisa mean berat tas dan keluhan moskuloskelatal

Pada table 3 menyatakan bahwa rata-rata variabel berat tas adalah 2,6 dengan taraf kepercayaan 95% (CI 95%) antara 1,4-4,2. variabel keluhan musculoskeletal 53.0 dengan taraf kepercayaan 95% (CI 95%) antara 31-87

| Regio            | Tidak sakit |      | Cukup sakit |      | Sakit |      | Sangat Sakit |      | Rata-rata |
|------------------|-------------|------|-------------|------|-------|------|--------------|------|-----------|
|                  | N           | %    | N           | %    | N     | %    | N            | %    |           |
| Leher atas       | 15          | 16.3 | 40          | 43.5 | 27    | 29.3 | 10           | 10.9 | 2.34      |
| Leher bawah      | 16          | 17.4 | 34          | 37.0 | 32    | 34.8 | 10           | 10.9 | 2.39      |
| Bahu kiri        | 21          | 22.8 | 31          | 33.7 | 28    | 30.4 | 12           | 13.0 | 2.33      |
| Bahu kanan       | 13          | 14.1 | 20          | 21.7 | 45    | 48.9 | 14           | 15.2 | 2.65      |
| Lengan kiri atas | 30          | 32.6 | 40          | 43.5 | 17    | 18.5 | 5            | 5.4  | 1.96      |

**HUBUNGAN BERAT TAS TERHADAP KELUHAN  
MUSKULOSKELATAL PADA SISWA KELAS 12 DI SMK  
SIRAJUL FALAH KABUPATEN BOGOR**

|                                    |    |      |    |      |    |      |    |      |      |
|------------------------------------|----|------|----|------|----|------|----|------|------|
| Lengan<br>kanan<br>atas            | 33 | 35.9 | 37 | 40.2 | 19 | 20.7 | 3  | 3. 3 | 1.91 |
| Punggun<br>g atas                  | 11 | 12.0 | 22 | 23.9 | 35 | 38.0 | 24 | 26.1 | 2.78 |
| Punggun<br>g bawah                 | 9  | 9.8  | 20 | 21.7 | 31 | 33.7 | 32 | 34.8 | 2.93 |
| Pantat<br>atas                     | 52 | 56.5 | 24 | 26.1 | 14 | 15.2 | 2  | 2.2  | 1.63 |
| Pantat<br>bawah                    | 55 | 59.8 | 23 | 25.0 | 10 | 10.9 | 4  | 4. 3 | 1.59 |
| Siku kiri                          | 69 | 75.0 | 11 | 12.0 | 12 | 13.0 | 0  | 0.0  | 1.38 |
| Siku<br>kanan                      | 69 | 75.0 | 14 | 15.2 | 7  | 7.6  | 2  | 2.2  | 1.36 |
| Lengan<br>kiri<br>bawah            | 55 | 59.8 | 26 | 28.3 | 9  | 9.8  | 2  | 2.2  | 1.54 |
| Lengan<br>kanan<br>bawah           | 51 | 55.4 | 29 | 31.5 | 10 | 10.9 | 2  | 2.2  | 1.59 |
| Pergelan<br>gan<br>tangan<br>kiri  | 48 | 52.2 | 24 | 26.1 | 16 | 17.4 | 4  | 4. 3 | 1,73 |
| Pergelan<br>gan<br>tangan<br>kanan | 46 | 50.0 | 22 | 23.9 | 20 | 21.7 | 4  | 4. 3 | 1.80 |
| Jari<br>tangan<br>kiri             | 52 | 56.5 | 21 | 22.8 | 17 | 18.5 | 2  | 2.2  | 1.66 |

|                        |    |      |    |      |    |      |   |     |      |
|------------------------|----|------|----|------|----|------|---|-----|------|
| Jari tangan kanan      | 55 | 59.8 | 14 | 15.2 | 20 | 21.7 | 3 | 3.3 | 1.68 |
| Paha kiri              | 52 | 56.5 | 24 | 26.1 | 14 | 15.2 | 2 | 2.2 | 1.63 |
| Paha kanan             | 52 | 56.5 | 20 | 21.7 | 19 | 20.7 | 1 | 1.1 | 1.66 |
| Lutut kiri             | 54 | 58.7 | 26 | 28.3 | 10 | 10.9 | 2 | 2.2 | 1.56 |
| Lutut kanan            | 54 | 58.7 | 24 | 26.1 | 10 | 10.9 | 4 | 4.3 | 1.50 |
| Betis kiri             | 45 | 48.9 | 26 | 28.3 | 18 | 19.6 | 3 | 3.3 | 1.77 |
| Betis kanan            | 45 | 48.9 | 24 | 26.1 | 20 | 21.7 | 3 | 3.3 | 1.79 |
| Pergelangan kaki kiri  | 57 | 62.0 | 21 | 22.8 | 14 | 15.2 | 0 | 0.0 | 1.53 |
| Pergelangan kaki kanan | 53 | 57.6 | 23 | 25.0 | 14 | 15.2 | 2 | 2.2 | 1.61 |
| Jari kaki kiri         | 63 | 68.5 | 16 | 17.4 | 12 | 13.0 | 1 | 1.1 | 1.46 |
| Jari kaki kanan        | 59 | 64.1 | 17 | 18.5 | 12 | 13.0 | 4 | 4.3 | 1.57 |

Tabel 4. Analisis Nordic Body Map

Data menunjukkan tingkat keluhan muskuloskeletal pada 92 responden di berbagai area tubuh. Rata-rata skor keluhan musculoskeletal pada punggung bawah dengan nilai 2.93, posisi kedua dengan rata-rata skor tertinggi pada punggung atas dengan nilai 2.78 dan posisi ketiga dengan rata-rata skor tertinggi pada bahu kanan.

# **HUBUNGAN BERAT TAS TERHADAP KELUHAN MUSKULOSKELATAL PADA SISWA KELAS 12 DI SMK SIRAJUL FALAH KABUPATEN BOGOR**

## **B. Uji Normalitas Data**

|                         | Kolmogorov-Smirnov |    |       |
|-------------------------|--------------------|----|-------|
|                         | Statistic          | df | Sig   |
| Berat tas               | 0.116              | 92 | 0.004 |
| Keluhan muskuloskeletal | 0.194              | 92 | 0.001 |

Tabel 5. Hasil Analisa Uji Normalitas

Pada tabel 5 dapat disimpulkan bahwa pada hasil dari analisis uji normalitas hasil uji normalitas data tersebut, didapatkan nilai  $P$  value  $< 0,05$  dinyatakan data berdistribusi tidak normal.

## **C. Uji Hipotesis**

| <b>variabel</b>                | <b>p-value</b> | <b>R</b> |
|--------------------------------|----------------|----------|
| <b>Berat tas</b>               | 0,724          | -0,037   |
| <b>Keluhan muskuloskeletal</b> | 0,724          | -0,037   |

Tabel 6. Hasil Uji Hipotesis menggunakan Uji Korelasi Spearman

Pada tabel 6 dapat disimpulkan bahwa Berdasarkan tabel hasil analisis menggunakan uji korelasi Spearman menunjukkan nilai koefisien korelasi sebesar -0,037 dengan nilai signifikansi  $p = 0,724$  ( $p > 0,05$ ). Hasil ini menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang signifikan antara berat tas dengan keluhan muskuloskeletal pada siswa SMK. Arah korelasi negatif mengindikasikan bahwa keluhan sedikit lebih banyak dialami oleh siswa dengan berat tas yang lebih ringan, namun hubungan ini sangat lemah dan tidak bermakna secara statistik.

## **PEMBAHASAN**

### **A. Identifikasi Berat Beban Tas**

Berat tas dalam konteks ergonomi dan kesehatan umumnya diartikan sebagai jumlah total beban yang dibawa dalam sebuah tas termasuk isi seperti buku, alat-alat sekolah, perangkat elektronik, dan kebutuhan pribadi lainnya yang dinyatakan dalam satuan massa (misalnya kilogram). Dalam kerangka ergonomi, beban ini kemudian

dibandingkan dengan berat tubuh individu, untuk menentukan apakah bobot tersebut masih dalam ambang batas keamanan atau berisiko menyebabkan gangguan muskuloskeletal.

Rata-rata persentase berat tas responden adalah 5,1% BB. Berdasarkan hasil analisis di lapangan bahwa rata-rata keluhan yang dialami yaitu nyeri pada punggung bawah, punggung atas serta bahu kanan di SMK SIRAJUL FALAH. Sejalan dengan penelitian Grimmer et al., 2002 menyatakan bahwa berat tas 5% berada dalam batas aman, beban ini dapat memicu keluhan nyeri punggung bawah, punggung atas, dan bahu jika dibawa dalam durasi lama.

Pada siswa, kebiasaan membawa tas yang terlalu berat dapat menyebabkan berbagai keluhan muskuloskeletal, terutama pada bagian tubuh yang menopang beban seperti punggung, leher, bahu, dan pinggul. Banyak siswa membawa tas yang berisi buku, alat tulis, dan perangkat lain yang melebihi 5% dari berat badan mereka. Berat tas yang berlebihan ini memberikan tekanan ekstra pada tubuh dan dapat mengarah pada masalah muskuloskeletal yang signifikan. Wang et al. (2020) dalam penelitiannya yang berjudul *The Impact of Backpack Weight on Musculoskeletal Complaints Among Schoolchildren* menunjukkan bahwa siswa yang membawa tas lebih dari 5% dari berat badan mereka mengalami keluhan pada punggung bawah dan bahu, dan hal ini terkait erat dengan peningkatan ketegangan otot dan gangguan postural.

Penelitian terbaru menunjukkan bahwa meskipun beban 5% BB berada dalam batas aman yang direkomendasikan, faktor seperti cara membawa tas, durasi, dan postur tubuh dapat membuat beban ini tetap memicu keluhan muskuloskeletal (Dockrell et al., 2015). Oleh karena itu, beban tas harus dipertimbangkan bersama faktor ergonomi lainnya. Beban tas sebesar 5% BB telah terbukti dapat menimbulkan perubahan postur ringan dan meningkatkan ketegangan otot pada punggung bawah serta bahu (Grimmer et al., 2002). Pada siswa yang membawa tas dengan beban ini setiap hari, keluhan seperti nyeri punggung atas, nyeri bahu, dan kelelahan otot dapat muncul terutama bila durasi membawa lebih dari 30 menit secara terus-menerus (Mackie et al., 2003).

# **HUBUNGAN BERAT TAS TERHADAP KELUHAN MUSKULOSKELATAL PADA SISWA KELAS 12 DI SMK SIRAJUL FALAH KABUPATEN BOGOR**

## **B. Identifikasi Keluhan Muskuloskeletal Disorder**

Pada penelitian ini, didapatkan bahwa keluhan muskuloskeletal banyak terjadi di area punggung bawah, punggung atas, dan bahu kanan. Rata-rata skor keluhan muskuloskeletal tertinggi pada punggung bawah dengan nilai 2.93 dikarenakan bahwa keluhan punggung bawah itu disebabkan dengan durasi duduk bahwa disana siswa duduk 8 jam sehari

Hasil ini didukung penelitian sebelumnya yaitu penelitian tahun 2020 oleh Rahmadani yang menyatakan bahwa ada hubungan antara posisi duduk dengan risiko nyeri punggung bawah miogenik pada remaja, dan posisi duduk ini sangat berpengaruh terutama saat duduk secara non-ergonomis. Posisi kedua dengan rata-rata skor tertinggi punggung atas dengan nilai 2.78 dikarenakan bahwa keluhan punggung atas bisa disebabkan oleh posisi duduk yang lama seperti menunduk saat memainkan handphone

hasil ini didukung oleh *penelitian Thoracic Spine Pain in High School Adolescents: A One-Year Longitudinal Study*" Posisi duduk yang tidak ergonomis, seperti membungkuk atau duduk terlalu lama di depan komputer atau perangkat elektronik, dapat menyebabkan stres pada otot dan tulang belakang, memicu nyeri punggung atas. dan posisi ke tiga yaitu bahu kanan 2.65 yang disebabkan oleh membawa tas dengan satu sisi atau membawa tas totebag Hal ini juga senada dengan penelitian Amerian, et al (2013) ketidakseimbangan beban atau posisi tas yang buruk (misalnya satu tali atau posisi terlalu rendah) memperparah stres dan tekanan lokal pada jaringan lumbal. Hasilnya membuktikan bahwa lokasi beban yang lebih berat pada bidang frontal (kiri/kanan) memicu perubahan postur yang menyebabkan nyeri.

Kecenderungan ditemukan munculnya adanya musculoskeletal disorder pada remaja sekolah dikarenakan pertumbuhan tulang yang belum matang, sehingga kebiasaan-kebiasaan yang tidak baik akan mempengaruhi pertumbuhan tubuh, misalnya posisi membaca, menulis, dan duduk yang tidak ergonomis. Sikap tubuh yang salah ketika duduk, berdiri, tidur, atau ketika membawa beban yang terlalu berat dapat menyebabkan gangguan pada tulang belakang dan persendian, sehingga dapat menimbulkan rasa pegal pada beberapa bagian tubuh. (Nurhaliza, 2020)

### **C. Hubungan Berat Beban Tas Terhadap Keluhan Muskuloskelatal**

Dari hasil uji Spearman menunjukkan hasil  $0.724 > 0.05$  yang berarti bahwa H<sub>0</sub> diterima dan H<sub>a</sub> ditolak yang berarti menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan berat tas dengan keluhan muskuloskeletal pada siswa SMK di SMK Sirajul Falah. Berdasarkan hasil Analisa bahwa keluhan musculoskeletal disebabkan bukan hanya dari berat tas tetapi didukung dengan faktor lain yaitu faktor eksternal dan internal yang dapat memperberat keluhan musculoskeletal pada siswa. Faktor eksternal ini meliputi cara membawa tas, durasi membawa, desain tas, kondisi postur tubuh saat duduk, kebiasaan penggunaan alat elektronik, hingga karakteristik individu yang tidak diteliti dalam penelitian ini.

Faktor eksternal Penggunaan tas dengan satu tali bahu (shoulder bag atau totebag) menyebabkan beban terdistribusi secara asimetris, meningkatkan ketegangan pada otot trapezius dan erector spinae di satu sisi tubuh. Hal ini menambah gaya kompresi dan geser pada tulang belakang, memicu rotasi batang tubuh dan elevasi bahu yang berlebihan. Penelitian biomekanik menunjukkan bahwa penggunaan tas asimetris meningkatkan aktivitas otot dan stres lumbar dibandingkan ransel dua tali yang lebih seimbang (Pascoe et al., 1997; Mohan & Patil, 2018). Panjang dan penyetelan tali ransel mempengaruhi besar momen beban. Tali yang terlalu panjang membuat ransel menggantung jauh dari punggung, sehingga meningkatkan momen lentur dan beban pada otot punggung. Penyetelan tali yang tepat sehingga tas menempel pada punggung bagian Tengah dapat mengurangi tekanan biomekanis pada tulang belakang (Lai & Jones, 2021). Teknik mengangkat dan memakai ransel yang salah dapat menambah beban yang tidak perlu pada punggung. Mengangkat tas dari lantai dengan posisi membungkuk, misalnya, akan meningkatkan gaya geser dan lentur pada tulang belakang. Teknik yang disarankan adalah mengangkat tas dari permukaan yang lebih tinggi dan memastikan beban dibagi rata di kedua bahu (Dockrell et al., 2015).

Desain dan fitur ransel juga berkontribusi terhadap kenyamanan. Ransel dengan tali bahu lebar dan empuk, panel punggung dengan bantal, serta adanya sabuk dada (sternum strap) dan sabuk pinggang (hip belt) terbukti dapat membantu mendistribusikan beban dari bahu ke panggul, sehingga mengurangi beban pada tulang belakang. Selain itu, distribusi beban internal juga mempengaruhi

# **HUBUNGAN BERAT TAS TERHADAP KELUHAN MUSKULOSKELATAL PADA SISWA KELAS 12 DI SMK SIRAJUL FALAH KABUPATEN BOGOR**

kenyamanan: barang berat sebaiknya ditempatkan dekat dengan punggung untuk meminimalkan momen beban (Dockrell et al., 2015; Brackley et al., 2009). Jenis tas yang digunakan mempengaruhi distribusi beban dan postur tubuh. Ransel dua tali memberikan stabilitas yang lebih baik dibandingkan tas bahu atau totebag. Pada beberapa kasus, penggunaan tas troli dapat mengurangi aktivitas otot batang dan tungkai, meskipun efektivitasnya bergantung pada kondisi permukaan jalan dan jarak yang ditempuh (Negrini & Carabalona, 2002).

Analisis peneliti dilapangan para siswa berangkat dari rumah ke sekolah dengan berjalan kaki waktu tempuh sekitar 5-15 menit sama dengan 1-2 kilometer setiap harinya hal ini juga dapat menyebabkan keluhan muskuloskeletal yang sejalan dengan penelitian (Santos et al., 2019) Durasi membawa tas dan medan yang dilalui turut mempengaruhi beban fisik. Membawa tas dalam durasi lama atau dengan jarak tempuh yang jauh, terutama jika disertai naik-turun tangga atau medan menanjak, meningkatkan tuntutan biomekanis pada lutut, pergelangan kaki, dan punggung.

Sebagian besar siswa mengalami ketidaksesuaian tinggi dudukan/desk height dan tinggi kursi dengan antropometri tubuh mereka. Kondisi ini meningkatkan risiko nyeri punggung akibat postur duduk yang tidak stabil karena ketidaksesuaian furniture (Depreli, Ö et al. 2024). Studi ini mengungkap bahwa terdapat banyak ketidaksesuaian antara dimensi kursi dan meja sekolah dengan antropometri siswa. Ketidaksesuaian tinggi meja dan kursi tersebut berdampak pada bagian leher, punggung bawah, bahu, dan punggung atas, serta meningkatkan risiko nyeri musculoskeletal (Loredan et al. 2024)

Kebiasaan penggunaan alat elektronik, khususnya smartphone, juga menjadi faktor penting yang memengaruhi keluhan leher. Posisi menunduk dalam waktu lama terbukti meningkatkan beban pada tulang belakang leher dan aktivitas otot penyangga kepala. Penelitian terkini melaporkan bahwa mempertahankan posisi kepala menunduk selama 60 menit dapat meningkatkan aktivitas otot leher secara bermakna, menambah tekanan pada segmen tulang belakang leher, serta menimbulkan rasa tidak nyaman lebih tinggi dibanding posisi netral (Lee et al., 2023). Selain itu, semakin besar posisi menunduk saat melihat ponsel berhubungan dengan peningkatan ketidaknyamanan dan bertambahnya beban gravitasi yang harus ditopang otot leher (Park et al., 2021; Kim et al., 2023). Dengan demikian, menjaga posisi kepala tetap

netral atau hanya sedikit menunduk saat menggunakan perangkat elektronik disarankan untuk meminimalkan risiko ketegangan otot leher dan bahu (Yoon et al., 2021).

Kegiatan organisasi materi belajar turut mempengaruhi berat tas. Membawa buku atau perlengkapan yang tidak diperlukan pada hari tersebut dapat meningkatkan beban secara signifikan. Strategi seperti penggunaan loker, rotasi buku, atau memanfaatkan media digital dapat membantu menurunkan beban harian siswa (Negrini & Carabalona, 2002). Karakteristik individu seperti jenis kelamin, berat badan dan riwayat keluhan muskuloskeletal sebelumnya juga berperan. Siswa dengan kekuatan otot inti yang rendah atau riwayat nyeri sebelumnya cenderung lebih rentan terhadap keluhan saat membawa beban (Dockrell et al., 2015; Mohan & Patil, 2018).

Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa keluhan muskuloskeletal pada siswa tidak dipengaruhi oleh berat tas, tetapi disebabkan oleh faktor lain diantaranya Faktor eksternal meliputi cara membawa tas, durasi membawa, desain tas, kondisi postur tubuh saat duduk, kebiasaan penggunaan gawai, hingga karakteristik individu yang tidak diteliti dalam penelitian ini. Pada penelitian kali ini yang ternyata didapatkan bahwa melihat kondisi di SMK Sirajul Falah di mana banyak siswa kelas 12 Mengalami keluhan nyeri punggung bawah, nyeri punggung atas dan bahu kanan Adapun berat tas yang dibawa rata-rata 5%. Faktor – faktor lain yang berhubungan terkait keluhan muskuloskeletal seperti fasilitas dan juga lingkungan yang mempengaruhi keluhan muskuloskeletal pada siswa siswi SMK Sirajul Falah seperti penggunaan alat elektronik pada saat pembelajaran karena di era sekarang pembelajaran cenderung menggunakan alat elektronik hal ini juga dapat mempengaruhi perubahan postur sehingga menimbulkan keluhan muskuloskeletal. Selain itu, faktor lain seperti durasi duduk lama saat pembelajaran juga dapat menimbulkan keluhan musculoskeletal karena mereka mengikuti pembelajaran disekolah 6-8 jam perhari hal ini juga dapat menyebabkan keluhan musculoskeletal. Selain itu kursi yang mungkin terlalu pendek atau terlalu tinggi yang tidak sesuai dengan ergonomis juga dapat mempengaruhi hasil daripada keluhan muskuloskeletal yang di keluhkan oleh siswa siswi SMK Sirajul falah, faktor lain juga dipengaruhi oleh cara mereka menulis tidak dalam posisi ergonomis sehingga dapat menyebabkan keluhan musculoskeletal seperti nyeri pada punggung.

# **HUBUNGAN BERAT TAS TERHADAP KELUHAN MUSKULOSKELATAL PADA SISWA KELAS 12 DI SMK SIRAJUL FALAH KABUPATEN BOGOR**

Dalam penelitian ini, didapatkan bahwa keluhan muskuloskeletal banyak terjadi di areal pinggang punggung, dan pergelangan tangan. Rata-rata skor keluhan muskuloskeletal pada pinggang bawah dengan nilai 2.08. Posisi kedua dengan rata-rata skor tertinggi punggung atas dengan nilai 1.89 sementara itu, rata-rata skor terendah pada siku kanan dengan nilai 1.34. hal ini juga mengacu pada penelitian sebelumnya mengenai beberapa faktor yang mempengaruhi dan menyebabkan timbulnya masalah keluhan muskuloskeletal.

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

### **Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai analisis hubungan antara berat tas dengan keluhan muskuloskeletal pada siswa kelas 12 di SMK SIRAJUL FALAH, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Sebagian besar siswa di SMK Sirajul Falah berjenis kelamin laki-laki dengan jumlah 35 orang dan Perempuan 57 orang. Dengan usia 16-19 orang dengan rata-rata usia 17 tahun. Dan berat badan dengan rata-rata 52,9 kg.
2. Sebagian besar siswa di SMK Sirajul Falah membawa tas dengan berat tas rata-rata 5% dari berat badan
3. Keluhan muskuloskeletal yang paling banyak dialami siswa terdapat pada punggung bawah dengan nilai rata-rata (mean)2.93, diikuti punggung atas dengan mean 2,78, dan bahu kanan dengan mean 2,65.
4. Hasil analisis menggunakan uji korelasi Spearman menunjukkan tidak terdapat hubungan yang signifikan antara berat tas dan keluhan nyeri bahu pada siswa SMK Sirajul Falah ( $p = 0,724$ ).

### **Saran**

Berdasarkan hasil penelitian ini, disarankan kepada pihak sekolah untuk memperhatikan beban tas yang dibawa oleh siswa dengan menetapkan batas maksimal berat tas sesuai dengan standar ergonomi. Sekolah juga diharapkan dapat menyediakan fasilitas pendukung, seperti loker penyimpanan, guna mengurangi beban yang harus dibawa siswa setiap hari. Selain itu, perlu dilakukan edukasi kepada siswa mengenai prinsip ergonomi, termasuk cara membawa tas yang benar dan pentingnya menjaga postur

tubuh. Bagi peneliti selanjutnya, disarankan untuk mengembangkan penelitian dengan menambahkan variabel lain, seperti durasi membawa tas, jenis tas, dan aktivitas fisik siswa, serta menggunakan desain penelitian yang berbeda untuk memperoleh hasil yang lebih komprehensif. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam upaya pencegahan keluhan muskuloskeletal pada siswa SMK.

## DAFTAR REFERENSI

- ACA. (2011). *Backpack Misuse Leads To Chronic Back Pain, Doctors of Chiropractic Say*. [http://www.acatoday.org/content\\_css.cfm?CID=65](http://www.acatoday.org/content_css.cfm?CID=65)
- Aeni, H., Herlinawati, H., & Herawati, C. (2022). *Relation of backpack weight with Low Back Pain (LBP) Complaints in students of SMP*. *Riset Informasi Kesehatan*, 11(1), 28–35. <https://doi.org/10.30644/rik.v11i1.491>
- Akbar, F., AlBesharah, M., Al-Baghli, J., Bulbul, F., Mohammad, D., Qadoura, B., & Al-Taiar, A. (2019). *Prevalence of low back pain among adolescents in relation to the weight of school bags*. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 20(1), 37. <https://doi.org/10.1186/s12891-019-2398-2>
- Bracq, M. S., Duché, P., & Ratel, S. (2023). *The influence of the weight of the backpack on the biomechanics of the child and adolescent: A systematic review and meta-analysis with a meta-regression*. *Pediatric Physical Therapy*, 35(1), 35– 45. <https://doi.org/10.1097/PEP.0000000000000972>
- Choudhary, Y., Bhatia, P., Kumar, M., & Dubey, M. (2022). *Prevalence and determinants of musculoskeletal pain among school-going children carrying schoolbags: A cross-sectional study from Central India*. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 11(6), 3045– 3050. [https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc\\_2363\\_21](https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc_2363_21)
- Chow, D. H. K., Kwok, M. L. Y., Au-Yang, A. C. K., Holmes, A. D., Cheng, J. C. Y., Yao, F. Y. D., & Wong, M. S. (2005). *Adolescent standing postural response to backpack loads: A randomised controlled experimental study*. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 6(1), 28. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-6-28>
- Depreli, Ö., Topcu, Z. G., & Tomaç, H. (2024). *Mismatch between fixed classroom furniture and anthropometric measurements among university students*:

**HUBUNGAN BERAT TAS TERHADAP KELUHAN  
MUSKULOSKELATAL PADA SISWA KELAS 12 DI SMK  
SIRAJUL FALAH KABUPATEN BOGOR**

- Relationships to ergonomic risk. Work, 77(1), 123– 132.*  
<https://doi.org/10.3233/WOR-230590>
- Dianat, I., Sorkhi, N., Pourhossein, A., Alipour, A., & Asghari-Jafarabadi, M. (2011). *School bag weight and the occurrence of shoulder, hand/wrist and low back symptoms among Iranian elementary schoolchildren. Health Promotion Perspectives, 1(1), 58–65.* <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24688903/>
- Dorji, T., Tamang, S. T., Yoezer, S., & Wangdi, K. (2019). *The weight of schoolbags and musculoskeletal pain in children of selected schools in Thimphu, Bhutan: A cross-sectional study. International Journal of Medical Students, 7(2), 97-105.*  
<https://doi.org/10.5195/ijms.2019.355>
- Dr. Mohan, A. P., Sumana, S., & Nithin, S. (2016). *Musculoskeletal effects of heavy backpacks in school children of 11-14 years of age. Pediatric Review: International Journal of Pediatric Research, 3(6), 421–426.*
- Drzał-Grabiec, J., Snela, S., Rachwał, M., Podgórska, J., & Rykała, J. (2015). *Effects of carrying a backpack in an asymmetrical manner on the asymmetries of the trunk and parameters defining lateral flexion of the spine. Human Factors, 57(2), 218–226.* <https://doi.org/10.1177/0018720814546531>
- Einfluss des Schulrucksackgewichtes bei Grundschulkindern: Gang, Muskelaktivität, Haltung und Stabilität. (2021). Der Orthopäde, 50(6), 446-454.*  
<https://doi.org/10-020-04047-8>
- Hell, A. K., Braunschweig, L., Grages, B., Brunner, R., & Romkes, J. [detail publikasi tidak lengkap].
- Hong, Y., Cheung, C. K., & Robinson, P. D. (2012). *Effects of unilateral backpack carriage on biomechanics of gait in adolescents: A kinematic analysis. Gait & Posture, 15(4), 450– 456.* [https://doi.org/10.1016/S0966-6362\(01\)00143-0](https://doi.org/10.1016/S0966-6362(01)00143-0)
- Kamper, S. J., Henschke, N., Hestbaek, L., Dunn, K. M., & Williams, C. M. (2016). *Musculoskeletal pain in children and adolescents. Brazilian Journal of Physical Therapy, 20(3), 275– 284.* <https://doi.org/10.1590/bjpt-rbf.2014.0149>
- Kim, S. Y., Lee, H. O., & Park, S. H. (2023). *The influence of cervical flexion angles on neck muscle activity and discomfort during smartphone use. Journal of Physical Therapy Science, 35(4), 320– 326.* <https://doi.org/10.1589/jpts.35.320>

- Lee, J. Y., Park, S. Y., & Kim, J. H. (2023). *Biomechanical effects of prolonged smartphone use with different head flexion angles: A musculoskeletal modeling study*. *Applied Ergonomics*, 106, 103900. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2023.103900>
- Legiran. (2012). Berat tas punggung dan prevalensi nyeri punggung pada siswa sekolah dasar di Palembang. *Universitas Sriwijaya Palembang*.
- Lisa, M. (2018). Hubungan antara beban tas punggung dengan keluhan nyeri punggung bawah, nyeri bahu, dan leher pada siswa di Madrasah Aliyah Negeri 2 Samarinda Kalimantan Timur. *Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur*.
- Lisanti, L., Martini, M., & Widjasena, B. (2017). Hubungan penggunaan tas punggung dengan keluhan muskuloskeletal pada siswa MI Nashrul Fajar Meteseh Kecamatan Tembalang Kota Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 5(4), 409–417.
- Loredan, C., Fekonja, L. S., Rakić, R., Dragioti, E., & Randelović, S. (2024). *Association of self-reported musculoskeletal pain with school furniture suitability and daily activities among primary school and university students*. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1080/10803548.2024.2419981>
- Moore, G. D., White, G. L., & Grant, L. (2024). *Musculoskeletal symptomatology in skeletally immature students carrying heavy backpacks: A cross-sectional study*. *Journal of Canadian Chiropractic Association*. PMID: 39318845
- Negrini, S., Carabalona, R., & Sibilla, P. (1999). *Backpack as a daily load for schoolchildren*. *The Lancet*, 354(9194), 1974.
- Oviedo, P. R., Ravina, A. R., Ríos, M. P., García, F. B., Fernández, D. G., Alonso, A. F., Núñez, I. C., Pacios, P. G., & Turiso, J. (2012). *School children's backpacks, back pain and back pathologies*. *Archives of Disease in Childhood*, 97(8), 730–732. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2011-301253>
- Pascoe, D. D., Pascoe, D. E., Wang, Y. T., Shim, D. M., & Kim, C. K. (1997). *Influence of carrying book bags on gait cycle and posture of youths*. *Ergonomics*, 40(6), 631-641.

**HUBUNGAN BERAT TAS TERHADAP KELUHAN  
MUSKULOSKELATAL PADA SISWA KELAS 12 DI SMK  
SIRAJUL FALAH KABUPATEN BOGOR**

- Patnaik, L. M. (2019, April 18). Masalah berat tas sekolah di bawah sorotan hukum. *Times of India*. [http://m.timesofindia.com/city/bhubaneswar/school-bag-weight-issue-underhcglare/amp\\_articleshow/68919231.cms](http://m.timesofindia.com/city/bhubaneswar/school-bag-weight-issue-underhcglare/amp_articleshow/68919231.cms)
- Ramprasad, M., Alias, J., & Raghuveer, A. K. (2010). *Effect of backpack weight on postural angles in preadolescent children*. *Indian Pediatrics*, 47(7), 575-580. <https://doi.org/10.1007/s13312-010-0099-9>
- Sankaran, S., John, J., Patra, S. S., Das, R. R., & Satapathy, A. K. (2021). *Prevalence of musculoskeletal pain and its relation with weight of backpacks in school-going children in Eastern India*. *Frontiers in Pain Research*, 2, 684133. <https://doi.org/10.3389/fpain.2021.684133>
- Shamsoddini, A., Hollisaz, M. T., & Hafezi, R. (2010). *Backpack weight and musculoskeletal symptoms in secondary school students, Tehran, Iran*. *Iranian Journal of Public Health*, 39(4), 120– 125. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23113045/>
- Tang, Y., Zhang, X., Wang, Y., & Fan, Y. (2025). *Effect of backpack loads on shoulder strap tension in male adolescents: A biomechanical study*. *Applied Ergonomics*, 117, 104029. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2024.104029>
- Vaghela, N. P., Parekh, S. K., Padsala, D., & Patel, D. (2019). *Effect of backpack load on cervical and sagittal shoulder posture during standing and after dynamic activity in school children*. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 8, 1076– 1081. [https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc\\_367\\_18](https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc_367_18)
- van de Wijdeven, B., Visser, B., Daams, J., & Kuijer, P. P. F. M. (2023). *A first step towards a framework for interventions for individual working practice to prevent work-related musculoskeletal disorders: A scoping review*. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 24(1), 87. <https://doi.org/10.1186/s12891-023-06155>
- Yoon, S. Y., Choi, H. J., & Lee, D. H. (2021). *Optimal head posture for minimizing neck load during smartphone use: An experimental study*. *Ergonomics*, 64(6), 759– 769. <https://doi.org/10.1080/00140139.2021.1893082>.