

## Analisis Pressure Distribution Bed Decubitus Menggunakan Metode Elemen Hingga

\*Samuel Adrianus<sup>1</sup>, Jamari<sup>2</sup>, Tri Indah Winarni<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

<sup>3</sup>Dosen Jurusan Kedokteran, Fakultas Kedokteran, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

\*E-mail: [samuel31012001@gmail.com](mailto:samuel31012001@gmail.com)

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis distribusi tekanan dan tegangan *von Mises* pada tubuh manusia dalam posisi berbaring pada empat jenis matras yang berbeda, dengan fokus pada potensi pengurangan risiko ulkus tekan. Data CT-scan dari pasien digunakan untuk merekonstruksi struktur tubuh, termasuk tulang, otot, lemak, dan kulit. Simulasi elemen hingga dilakukan menggunakan software Mimics Research 21.0 dan Solidworks 2020 untuk menganalisis tekanan dan tegangan *von Mises* pada tubuh serta matras. Hasil penelitian menunjukkan bahwa matras Minimum Tissue Deformation Mattress 3 (MTDM 3) memiliki kinerja terbaik dalam mengurangi tekanan rata-rata pada tubuh manusia, sementara matras Minimum Tissue Deformation Mattress 2 (MTDM 2) memiliki pengurangan tekanan maksimum yang paling baik. Analisis menunjukkan bahwa bentuk permukaan matras berpengaruh signifikan terhadap distribusi tekanan di tubuh manusia, dengan MTDM 3 memiliki pengurangan tekanan yang lebih baik daripada MTDM 1 dan MTDM 2. Penelitian ini memberikan wawasan tentang bagaimana berbagai jenis matras dapat mempengaruhi distribusi tekanan dan tegangan *von Mises* pada tubuh manusia dalam posisi berbaring. Hasil ini dapat digunakan untuk mengembangkan matras anti decubitus yang lebih efektif dalam mengurangi risiko ulkus tekan pada pasien yang berbaring dalam jangka waktu yang lama.

Kata Kunci : *decubitus; matras; pressure distribution*

### Abstract

*This study aims to analyze the distribution of pressure and von Mises stress on the human body in a lying position on four different types of mattresses, with a focus on the potential reduction of pressure ulcer risks. Patient CT-scan data are utilized to reconstruct the body's structures, including bones, muscles, fat, and skin. Finite element simulations are conducted using Mimics Research 21.0 and Solidworks 2020 software to analyze pressure and von Mises stress on both the body and the mattresses. The results of the study indicate that the Minimum Tissue Deformation Mattress 3 (MTDM 3) exhibits the best performance in reducing average pressure on the human body, while the Minimum Tissue Deformation Mattress 2 (MTDM 2) demonstrates the most effective reduction in maximum pressure. The analysis highlights the significant influence of mattress surface shape on pressure distribution on the human body, with MTDM 3 achieving superior pressure reduction compared to MTDM 1 and MTDM 2. This research provides insights into how various types of mattresses can affect the distribution of pressure and von Mises stress on the human body in a lying position. The findings can be used to develop more effective anti-decubitus mattresses to reduce the risk of pressure ulcers in patients who remain in a lying position for extended periods.*

*Keywords : decubitus; matras; pressure distribution*

## 1. Pendahuluan

Pressure ulcers (PU), juga dikenal sebagai ulkus dekubitus, adalah cedera lokal pada kulit dan jaringan yang disebabkan oleh tekanan atau kombinasi antara tekanan dan gaya geser. Berbagai parameter mekanis termasuk gesekan, tegangan geser, tekanan, dan iklim mikro dianggap sebagai pemicu potensial Pressure Ulcers, dengan tekanan sebagai faktor utama. Tekanan atau beban mekanis yang berlangsung lama pada kulit dan jaringan kulit dapat menghasilkan ketegangan yang berlebihan dalam jaringan dan mengakibatkan terbentuknya luka tekan<sup>I</sup>. Beban mekanis merujuk pada gaya-gaya yang mempengaruhi kulit dan jaringan lunak yang berada di bawahnya, yang timbul karena adanya kontak antara kulit dan permukaan eksternal, objek, atau alat medis. Beban ini dapat berupa gaya berat badan yang biasanya ditransfer melalui tulang ke jaringan lunak. Gaya mekanis eksternal dapat dikelompokkan menjadi gaya normal (yang bertindak tegak lurus terhadap kulit) atau gaya geser (yang bertindak sejajar dengan kulit)<sup>II</sup>. Dalam tubuh manusia, ada tiga tulang yang membentuk bidang yang menopang seluruh beban tubuh saat berbaring: tulang belikat, sakrum, dan tulang kaki bagian bawah. Perubahan kemiringan tubuh dapat mempengaruhi bagaimana tekanan terdistribusi pada tubuh, dan dengan demikian dapat mengurangi risiko luka tekan di daerah sakrum yang seringkali menjadi titik paling rentan. Wilayah tubuh yang lebih mungkin mengalami luka tekan bervariasi<sup>III</sup>

## 2. Dasar Teori dan Metode Penelitian

### 2.1 Pressure Ulcers

Pressure Ulcers (PU) adalah kerusakan yang terjadi pada kulit dan jaringan yang terletak di bawahnya akibat tekanan yang berlebih dan dalam waktu yang lama. Biasanya, luka ini terjadi di area dekat tulang yang menonjol seperti tumit dan area sakral pada orang dewasa yang berada dalam posisi terlentang<sup>IV</sup>. Pressure Ulcers dapat memberikan dampak buruk pada pasien dan sistem perawatan kesehatan, karena dapat meningkatkan risiko infeksi yang terjadi di rumah sakit, menimbulkan rasa sakit dan kecacatan, memperpanjang masa perawatan di rumah sakit, sehingga berpotensi menimbulkan penyakit dan kematian serta biaya finansial yang besar bagi fasilitas kesehatan<sup>V</sup>. Hal ini disebabkan oleh kerusakan pada jaringan akibat paparan yang intens dan/atau berkelanjutan terhadap pembebanan mekanis seperti tekanan, regangan, atau geser yang terus menerus, atau kombinasi dari mode pembebanan tersebut. Pembebanan yang terus menerus, atau disebut juga pembebanan kuasi-statis, mengacu pada beban yang diterapkan secara terus menerus untuk waktu yang lama, bahkan hingga berhari-hari. Toleransi jaringan terhadap deformasi berkelanjutan dapat berbeda-beda tergantung pada jenis jaringan, iklim mikro, sirkulasi darah, usia, status kesehatan kronis atau akut, serta kondisi lokal jaringan lunak, yang dipengaruhi oleh pembebanan mekanis yang berkelanjutan.<sup>VI</sup>

### 2.2 Finite Element Model (FEM)

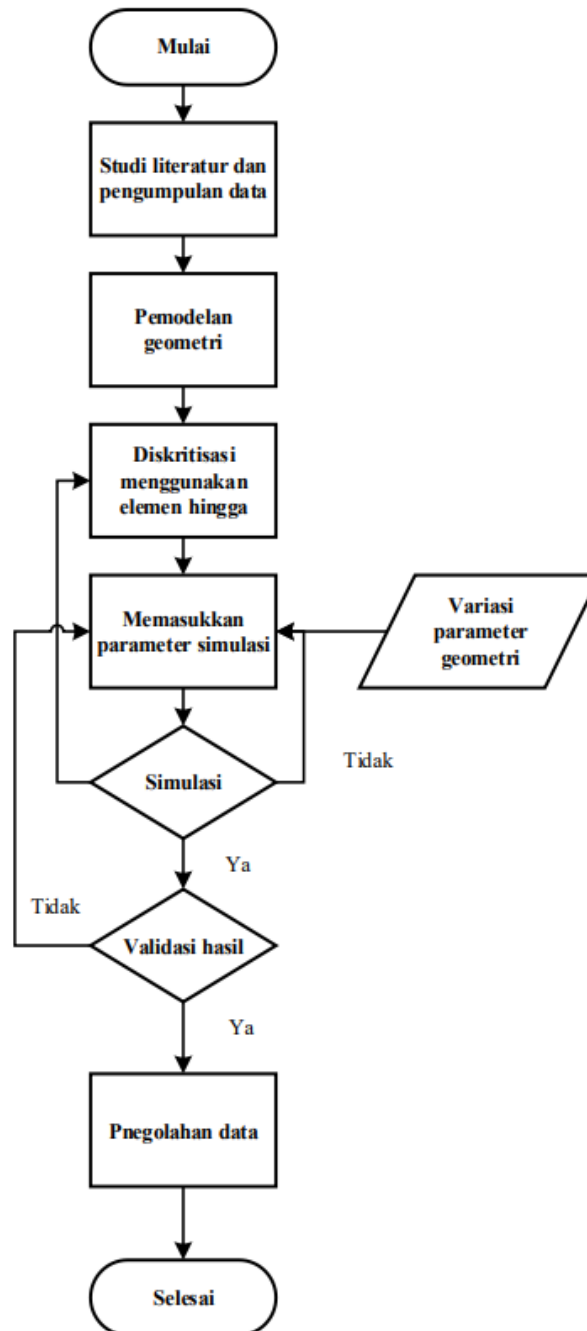
Metode elemen hingga adalah sebuah perangkat matematika yang sering digunakan untuk menganalisis berbagai masalah teknik. Prosedur ini umumnya digunakan dalam analisis benda padat, struktur, perpindahan panas, dan fluida, dan dapat digunakan dalam hampir semua bidang analisis teknik. Metode ini digunakan untuk memecahkan masalah fisik dalam analisis dan desain teknik, yang biasanya melibatkan struktur atau komponen struktural yang dikenakan kondisi pembebanan eksternal tertentu. Teknik elemen hingga telah terbukti sangat efektif selama bertahun-tahun dan saat ini dianggap sebagai salah satu metode terbaik untuk menganalisis efisiensi dari berbagai masalah praktis<sup>VII</sup>. FEM (Finite Element Model) yang dibuat memerlukan parameter yang sesuai dan struktur teroptimasi yang mampu menghasilkan simulasi yang mirip dengan percobaan *in vitro*. Rekonstruksi tulang, lemak, otot, dan kulit yang dimulai dari pembacaan tampilan 2D CT *Scan* merupakan metode yang sudah lazim dilakukan oleh dokter bedah ortopedi dan para peneliti.

### 2.3 Bed Anti Decubitus

Matras anti dekubitus adalah jenis matras medis yang berfungsi untuk mencegah terjadinya luka atau lecet pada kulit akibat imobilisasi pasien. Desain dari matras anti dekubitus dilengkapi dengan lubang-lubang yang bertujuan untuk mengurangi tekanan pada tubuh dan mencegah terjadinya lecet atau luka. Matras ini juga membantu dalam penyebaran panas dan keringat, menjaga postur tubuh yang benar, dan memberikan kenyamanan bagi pasien. Selain itu, matras anti dekubitus juga berfungsi untuk menjaga kelembaban permukaan kulit dan mengurangi tekanan yang diterima oleh tubuh pasien<sup>VIII</sup>. Beragam jenis permukaan penyangga seperti tempat tidur, matras, alas matras, dan bantal digunakan untuk meredakan tekanan dan menopang bagian tubuh yang rentan agar tekanan permukaan terdistribusi secara merata. Hasil dari peninjauan yang dilakukan oleh Minnes et al ini menunjukkan bahwa orang yang menggunakan matras busa dengan spesifikasi yang lebih tinggi cenderung memiliki risiko lebih rendah terkena luka tekanan dibandingkan dengan orang yang menggunakan matras busa biasa. Meskipun begitu bukti mengenai manfaat dari matras busa spesifikasi yang lebih tinggi dengan matras busa biasa masih belum jelas<sup>IX</sup>. Immersion dan envelopment adalah dua faktor penting yang menentukan seberapa nyaman dan seberapa tinggi tingkat pengurangan risiko tekanan ulkus pada permukaan dukungan medis, karena keduanya sangat mempengaruhi konsentrasi stres di sekitar tulang yang menonjol. Immersion merupakan kedalaman penetrasi tubuh pasien ke dalam matras, sedangkan envelopment adalah kemampuan matras untuk menyesuaikan bentuk tubuh pasien. Envelopment tidak mungkin terjadi tanpa immersion karena matras akan tetap datar jika tidak ada kedalaman penetrasi.

## 2.4 Diagram Alir

Pada penelitian ini terdapat langkah-langkah penelitian mengacu pada diagram alir yang dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Diagram Alir

## 3. Hasil Dan Pembahasan

### 3.1 Validasi Simulasi

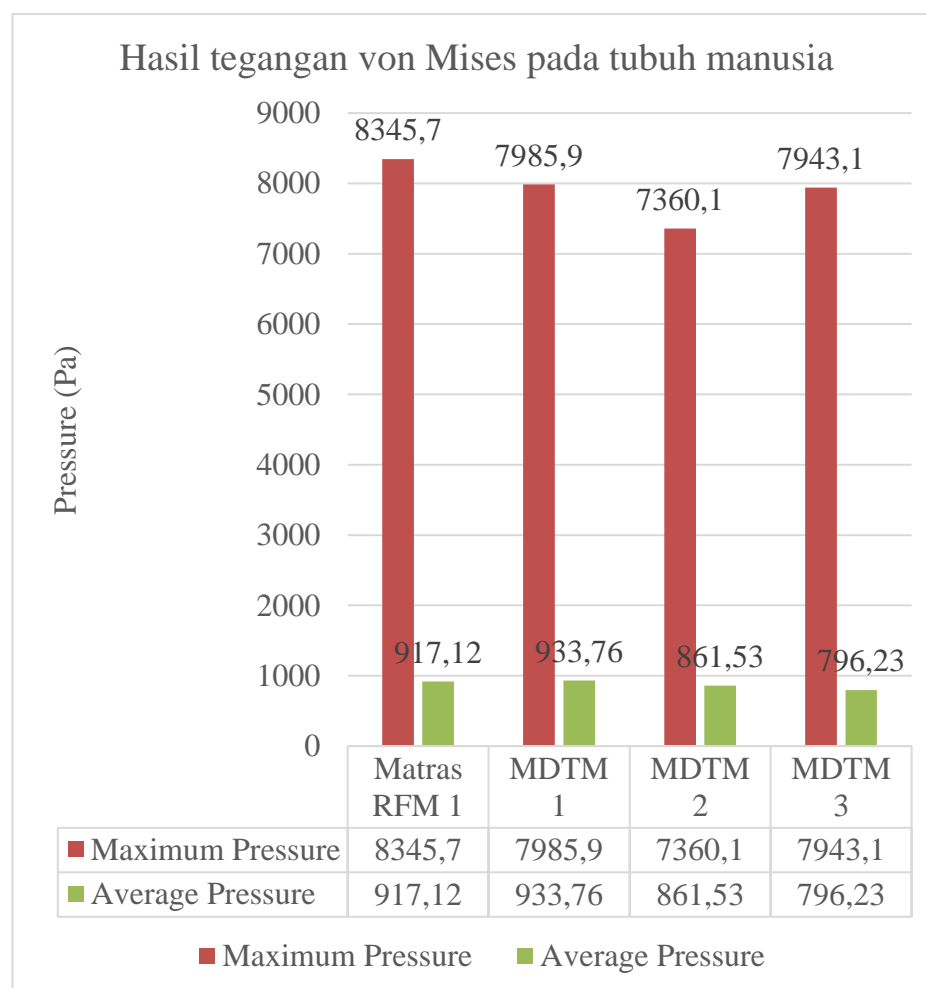
Pada penelitian ini proses validasi hasil simulasi dilakukan dengan menentukan penyebaran jaringan lunak ke samping pada MTDM (Minimum Tissue Deformation Mattress) sehubungan dengan yang terjadi pada RFM (Regular Foam Mattress) pada tiga level potongan melintang yang sesuai, sebagai berikut: (a) 2 cm di atas ujung sakrum; (b) di ujung atas sakrum; dan (c) di level bawah sakrum.<sup>x</sup>



Gambar 2. Potongan lintang melintang dari pantat saat berbaring telentang.

### 3.2 Hasil Analisa von Mises pada tubuh manusia

Pada penelitian ini, simulasi tegangan von Mises dilakukan pada irisan gambar resonansi magnetik (MRI) dari pantat seorang wanita sehat berusia 28 tahun, yang telah di-segmentasi menjadi struktur tulang (tulang sakral dan femur proksimal), otot rangka, jaringan lemak, dan kulit dengan 4 matras yang berbeda



Gambar 3. Hasil tegangan von Mises pada tubuh manusia

### 3.3 Pengaruh bentuk surface terhadap pressure distribution matras pada model manusia

Dalam penelitian ini pemodelan menggunakan jenis material yang sama pada ke 4 matras, ini bertujuan mengisolasi kemampuan envelopment dari matras ketika menerima immersion dari manusia untuk melihat pengaruh bentuk surface matras dalam melakukan pressure distribution ketika tubuh dimodelkan berbaring di matras. Berikut ini adalah tabel dan gambar grafik data dari pengaruh bentuk surface dalam menurunkan pressure di tubuh manusia bila dilihat dari sisi average pressurekecacatan..

## 4. Kesimpulan

Pada penelitian ini telah dilakukan simulasi elemen hingga pembebanan pada tubuh manusia pada posisi berbaring telentang di matras. Hasil penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil simulasi tegangan von Mises yang telah dilakukan, ditemukan bahwa *average pressure* yang terjadi di tubuh manusia ketika berbaring di *Minimum Tissue Deformation Mattress 1* (MTDM 1) mendapatkan nilai sebesar 933.76 Pa dan *maximum pressure* yang terjadi di tubuh manusia ketika berbaring di *Minimum Tissue Deformation Mattress 1* (MTDM 1) mendapatkan nilai sebesar 7985.9 Pa. Didapati juga bahwa nilai *average pressure* yang ada di matras MDTM 1 sebesar 582.44 Pa. Bila dilihat dari *average pressure* besaran tegangan von Mises yang terjadi di tubuh manusia di MDTM 1 ini mengalami peningkatan sebesar +1,814 % dari RFM, sedangkan bila dilihat dari *Maximum pressure* besaran tegangan von Mises yang terjadi di tubuh manusia di MDTM 1 ini mengalami penurunan sebesar -4,31% dari RFM. Ini menandakan bahwa bila dilihat dari *average pressure surface* MDTM 1 tidak mampu untuk mengurangi *pressure* yang ada di dalam tubuh manusia, sedangkan bila dilihat dari *maximum pressure surface* MDTM 1 mampu untuk mengurangi *pressure* yang ada di dalam tubuh manusia.
2. Berdasarkan hasil simulasi tegangan von Mises yang telah dilakukan, ditemukan bahwa *average pressure* yang terjadi di tubuh manusia ketika berbaring di *Minimum Tissue Deformation Mattress 2* (MTDM 2) mendapatkan nilai sebesar 861.53 Pa dan *maximum pressure* yang terjadi di tubuh manusia ketika berbaring di *Minimum Tissue Deformation Mattress 2* (MTDM 2) mendapatkan nilai sebesar 7360.1 Pa. Didapati juga bahwa nilai *average pressure* yang ada di matras MDTM 2 sebesar 529.04 Pa. Bila dilihat dari *average pressure* besaran tegangan von Mises yang terjadi di tubuh manusia di MDTM 2 ini mengalami penurunan sebesar -6,06 % dari RFM, sedangkan bila dilihat dari *Maximum pressure* besaran tegangan von Mises yang terjadi di tubuh manusia di MDTM 2 ini mengalami penurunan sebesar - 11,8 % dari RFM. Ini menandakan bahwa bila dilihat dari *average pressure surface* MDTM 2 mampu untuk mengurangi *pressure* yang ada di dalam tubuh manusia, serta bila dilihat dari *maximum pressure surface* MDTM 2 mampu untuk mengurangi *pressure* yang ada di dalam tubuh manusia.
3. Berdasarkan hasil simulasi tegangan von Mises yang telah dilakukan, ditemukan bahwa *average pressure* yang terjadi di tubuh manusia ketika berbaring di *Minimum Tissue Deformation Mattress 3* (MTDM 3) mendapatkan nilai sebesar 796.23 Pa dan *maximum pressure* yang terjadi di tubuh manusia ketika berbaring di *Minimum Tissue Deformation Mattress 3* (MTDM 3) mendapatkan nilai sebesar 7943.1 Pa. Didapati juga bahwa nilai *average pressure* yang ada di matras MDTM 3 sebesar 893.48 Pa. Bila dilihat dari *average pressure* besaran tegangan von Mises yang terjadi di tubuh manusia di MDTM 3 ini mengalami penurunan sebesar -13,18% dari RFM, sedangkan bila dilihat dari *Maximum pressure* besaran tegangan von Mises yang terjadi di tubuh manusia di MDTM 3 ini mengalami penurunan sebesar -4,82% dari RFM. Ini menandakan bahwa bila dilihat dari *average pressure surface* MDTM 3 mampu untuk mengurangi *pressure* yang ada di dalam tubuh manusia, serta bila dilihat dari *maximum pressure surface* MDTM 3 mampu untuk mengurangi *pressure* yang ada di dalam tubuh manusia.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zeevi, Tal, Ayelet Levy, Neima Brauner, and Amit Gefen. "Effects of Ambient Conditions on the Risk of Pressure Injuries in Bedridden Patients—Multi-Physics Modelling of Microclimate." *International Wound Journal* 15, no. 3 (June 1, 2018): 402–16. <https://doi.org/10.1111/iwj.12877>.
- [2] Lustig, Maayan, and Amit Gefen. "Computational Studies of the Biomechanical Efficacy of a Minimum Tissue Deformation Mattress in Protecting from Sacral Pressure Ulcers in a Supine Position." *International Wound Journal* 19, no. 5 (August 1, 2022): 1111–20. <https://doi.org/10.1111/iwj.13707>.
- [3] Su, Peng, Qinglong Lun, Da Lu, Qiulong Wu, Tian Liu, and Leiyu Zhang. "Biomechanical Changes on the Typical Sites of Pressure Ulcers in the Process of Turning Over from Supine Position: Theoretical Analysis, Simulation, and Experiment." *Annals of Biomedical Engineering* 50, no. 6 (June 1, 2022): 654–65. <https://doi.org/10.1007/s10439-022-02938-9>.
- [4] Tomova-Simitchieva, Tsenka, Andrea Lichterfeld-Kottner, Ulrike Blume-Peytavi, and Jan Kottner. "Comparing the Effects of 3 Different Pressure Ulcer Prevention Support Surfaces on the Structure and Function of Heel and Sacral Skin: An Exploratory Cross-over Trial." *International Wound Journal* 15, no. 3 (June 1, 2018): 429–37. <https://doi.org/10.1111/iwj.12883>.
- [5] Li, Jiawen, Jingyu Bian, Zhenju Chuang, Yichen Jiang, and Shudong Leng. "Impact of Pitch Actuator Fault on 10-MW Semi-Submersible Floating Wind Turbine." *Ocean Engineering* 254 (June 15, 2022). <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.111375>.
- [6] Gefen, Amit, David M. Brienza, Janet Cuddigan, Emily Haesler, and Jan Kottner. "Our Contemporary

- Understanding of the Aetiology of Pressure Ulcers/Pressure Injuries.” *International Wound Journal* 19, no. 3 (March 1, 2022): 692–704. <https://doi.org/10.1111/iwj.13667>.
- [7] Erhunmwun, I.D., and U.B. Ikponmwosa. “Review on Finite Element Method.” *Journal of Applied Sciences and Environmental Management* 21, no. 5 (November 29, 2017): 999. <https://doi.org/10.4314/jasem.v21i5.30>.
- [8] Pickenbrock, Heidrun, Vera U. Ludwig, and Antonia Zapf. “Support Pressure Distribution for Positioning in Neutral versus Conventional Positioning in the Prevention of Decubitus Ulcers: A Pilot Study in Healthy Participants.” *BMC Nursing* 16, no. 1 (October 16, 2017). <https://doi.org/10.1186/s12912-017-0253-z>.
- [9] Mcinnes, Elizabeth, Asmara Jammali-Blasi, Sally E.M. Bell-Syer, Jo C. Dumville, Victoria Middleton, and Nicky Cullum. “Support Surfaces for Pressure Ulcer Prevention.” *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2015, no. 9 (September 3, 2015). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD001735.pub5>.
- [10] “Soppietaljowc.2021.30.1.54,” n.d.