

ARTIKEL

**Desain Dan Analisis Ergonomi Pada Ruang Kemudi Mesin Pemanen Tandan Buah Segar
Kelapa Sawit**

Oleh :
Sam Herodian
Mohammad Hafiz

**FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
2026**

Desain Dan Analisis Ergonomi Pada Ruang Kemudi Mesin Pemanen Tandan Buah Segar Kelapa Sawit

Design and Development of a Portable Internet of Things (IoT)-Based Air Temperature and Humidity Monitoring System

Sam Herodian¹, Mohammad Hafiz¹
Institut Pertanian Bogor, Teknik Pertanian dan Biosistem

Keywords

anthropometry, cabin design ergonomics, oil palm harvesting machine RULA

Abstract

Ergonomic design of the operator cabin is essential to improve safety, comfort, and operational efficiency of agricultural machinery. This study aimed to design and evaluate the ergonomics of the cabin for an oil palm fresh fruit bunch (FFB) harvesting machine using the Rapid Upper Limb Assessment (RULA) method. The research was conducted through problem identification, determination of design criteria, application of Indonesian anthropometric data, virtual cabin modeling, ergonomic evaluation, prototype fabrication, and functional testing. Anthropometric dimensions at the 5th, 50th, and 95th percentiles were applied to determine the dimensions and layout of the steering controls, seat, pedals, and operator workspace. Ergonomic evaluation was performed using CATIA V5 software and validated through RULA analysis. The results showed that the designed cabin accommodated operators with different body dimensions while maintaining comfortable working postures. The final RULA score of 3 indicates that the proposed design presents a low ergonomic risk and only requires minor improvements. The developed cabin design can therefore improve operator comfort and safety and serves as a reference for the development of ergonomically designed agricultural machinery.

Kata kunci:

antropometri, ergonomi, mesin pemanen kelapa sawit RULA, ruang kemudi

Abstrak

Rancangan ruang kemudi yang ergonomis merupakan salah satu faktor penting untuk meningkatkan keselamatan, kenyamanan, dan efisiensi kerja operator pada mesin pertanian. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengevaluasi ergonomi ruang kemudi mesin pemanen tandan buah segar (TBS) kelapa sawit menggunakan metode *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA). Penelitian dilakukan melalui tahapan identifikasi masalah, penentuan kriteria desain, penerapan data antropometri masyarakat Indonesia, pemodelan ruang kemudi secara virtual, evaluasi ergonomi, pembuatan prototipe, serta pengujian fungsional. Data antropometri persentil ke-5, ke-50, dan ke-95 digunakan sebagai dasar penentuan dimensi kursi, tuas kendali, pedal, serta tata letak komponen ruang kemudi. Evaluasi ergonomi dilakukan menggunakan perangkat lunak CATIA V5 dan divalidasi menggunakan metode RULA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rancangan ruang kemudi mampu mengakomodasi operator dengan variasi ukuran tubuh serta menghasilkan postur kerja yang nyaman. Analisis RULA menghasilkan skor akhir sebesar **3**, yang menunjukkan tingkat risiko ergonomi rendah sehingga hanya memerlukan perbaikan kecil. Rancangan ruang kemudi yang dihasilkan dapat meningkatkan kenyamanan dan keselamatan operator serta menjadi acuan dalam pengembangan mesin pemanen kelapa sawit yang lebih ergonomis.

1. Pendahuluan

Modernisasi pertanian menjadi salah satu upaya untuk meningkatkan produktivitas, efisiensi kerja, dan kesejahteraan masyarakat melalui penerapan teknologi pada berbagai kegiatan budidaya. Perkembangan teknologi pertanian telah menghasilkan berbagai inovasi mesin, seperti *combine harvester*, traktor, serta mesin pengangkut tandan buah segar (TBS) kelapa sawit FASTREX 6WD (Desrial et al. 2019). Selain meningkatkan kapasitas kerja, pengembangan mesin pertanian juga bertujuan mengurangi beban kerja operator dan meningkatkan keselamatan dalam proses budidaya.

Salah satu inovasi yang sedang dikembangkan adalah mesin pemanen tandan buah segar kelapa sawit. Pengembangan mesin ini dilatarbelakangi oleh proses pemanenan yang hingga kini masih banyak dilakukan secara manual menggunakan dodos dan egrek. Penggunaan alat tersebut membutuhkan tenaga yang besar, memiliki produktivitas yang relatif rendah, serta berisiko menimbulkan kecelakaan dan gangguan muskuloskeletal bagi operator. Menurut Fauzi (2012), penggunaan dodos secara manual masih menghadapi berbagai kendala di lapangan dan memerlukan tenaga kerja yang besar sehingga efisiensi pemanenan menjadi rendah.

Keberhasilan pengembangan mesin pertanian tidak hanya ditentukan oleh kemampuan mekanisnya, tetapi juga oleh desain ruang kemudi sebagai pusat pengendalian mesin. Ruang kemudi harus dirancang agar memberikan kenyamanan, keamanan, dan kemudahan bagi operator selama bekerja. Oleh karena itu, aspek ergonomi menjadi faktor penting dalam proses perancangan. Ergonomi merupakan ilmu yang mempelajari interaksi antara manusia, peralatan, dan lingkungan kerja untuk menghasilkan sistem kerja yang aman, nyaman, dan produktif. Penerapan konsep ergonomi pada ruang kemudi telah diterapkan pada perancangan transporter roda enam (FASTREX 6WD) yang dilakukan oleh Firman (2019).

Evaluasi terhadap rancangan ergonomi dapat dilakukan menggunakan metode *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA), yaitu metode penilaian postur kerja yang digunakan untuk mengidentifikasi tingkat risiko gangguan muskuloskeletal berdasarkan posisi tubuh operator. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan merancang ruang kemudi mesin pemanen tandan buah segar kelapa sawit berdasarkan data antropometri masyarakat Indonesia serta mengevaluasi tingkat ergonominya menggunakan metode RULA. Rancangan yang dihasilkan diharapkan mampu meningkatkan kenyamanan, keselamatan, dan produktivitas operator serta menjadi acuan dalam pengembangan mesin pertanian yang lebih ergonomis.

2. Metode Penelitian

2.1. Waktu dan Tempat

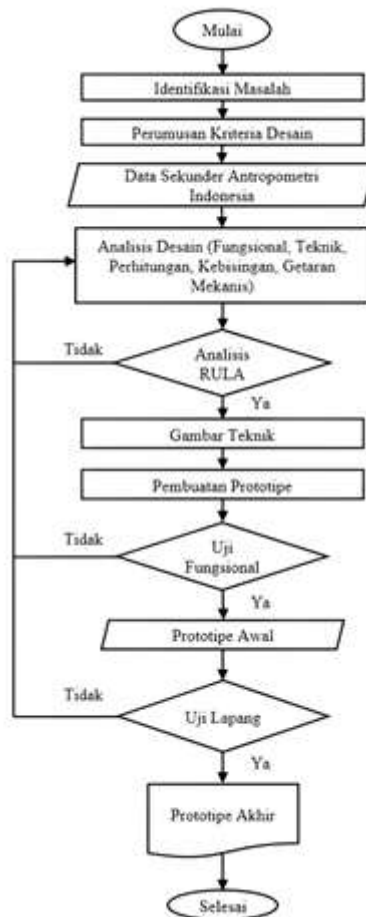
Penelitian dilaksanakan pada bulan Desember 2022 hingga Juli 2023. Perancangan ruang kemudi dilakukan di Kampus IPB Dramaga, sedangkan proses pembuatan prototipe dan pengujian dilaksanakan di Laboratorium Bengkel Metanium serta Laboratorium Lapang Siswadhi Soepardjo, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, IPB.

2.2. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan meliputi komputer dengan perangkat lunak *solidworks* 2022 dan CATIA V5 R21 untuk perancangan dan simulasi, serta peralatan manufaktur seperti mesin las listrik, gerinda tangan, mesin bor, dan berbagai perkakas bengkel. Bahan utama penelitian berupa ruang kemudi kendaraan Daihatsu Epass yang dimodifikasi sebagai dasar perancangan kabin mesin pemanen tandan buah segar kelapa sawit.

2.3. Tahapan Penelitian

Penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan yang meliputi identifikasi masalah, penentuan kriteria desain, pengumpulan data antropometri masyarakat Indonesia, perancangan ruang kemudi secara tiga dimensi menggunakan perangkat lunak CAD, evaluasi ergonomi menggunakan metode *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA), pembuatan prototipe, serta pengujian rancangan. Diagram alir penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Prosedur penelitian

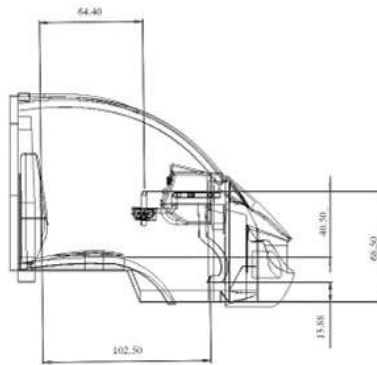
Perancangan ruang kemudi mengacu pada data antropometri masyarakat Indonesia dengan menggunakan persentil ke-5, ke-50, dan ke-95 sebagai dasar penentuan dimensi kursi, posisi tuas kendali, serta tata letak komponen ruang kemudi. Pendekatan ini bertujuan agar rancangan dapat mengakomodasi sebagian besar karakteristik tubuh operator.

Evaluasi ergonomi dilakukan menggunakan perangkat lunak CATIA V5 melalui simulasi postur operator. Tingkat risiko ergonomi dianalisis menggunakan metode *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA), yang memberikan skor berdasarkan posisi lengan atas, lengan bawah, pergelangan tangan, leher, batang tubuh, dan kaki. Skor RULA digunakan sebagai dasar untuk menilai apakah rancangan ruang kemudi telah memenuhi aspek ergonomi atau masih memerlukan perbaikan. Setelah proses evaluasi selesai, rancangan yang memenuhi kriteria ergonomi diwujudkan dalam bentuk prototipe dan dilakukan pengujian untuk memastikan kesesuaian dimensi, fungsi komponen, serta kenyamanan operator selama proses pengoperasian.

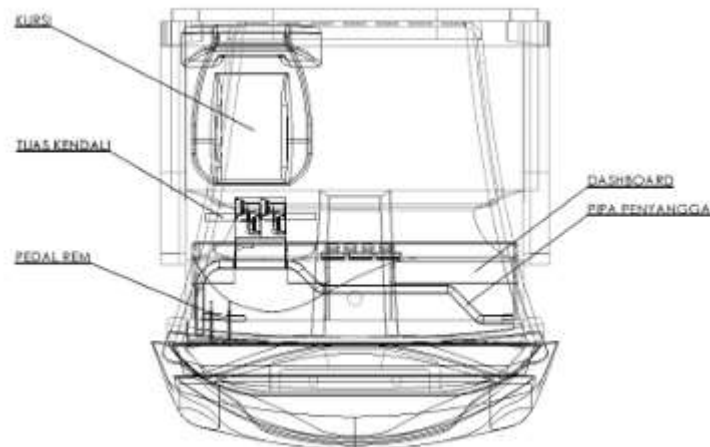
3. Hasil dan Pembahasan

3.2. Tata Letak Ruang Kemudi

Tata letak ruang kemudi dirancang berdasarkan data antropometri operator Indonesia dengan mempertimbangkan kenyamanan dan kemudahan pengoperasian. Posisi kursi dibuat tetap (*unadjustable*) sehingga dimensi ruang kemudi lebih sederhana dan sesuai dengan rancangan kendaraan. Penempatan tuas kendali disesuaikan dengan jangkauan tangan operator, sedangkan posisi pedal rem dirancang berdasarkan jangkauan kaki sehingga seluruh komponen dapat dioperasikan tanpa menyebabkan postur kerja yang berlebihan. Tata letak ruang kemudi hasil rancangan ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



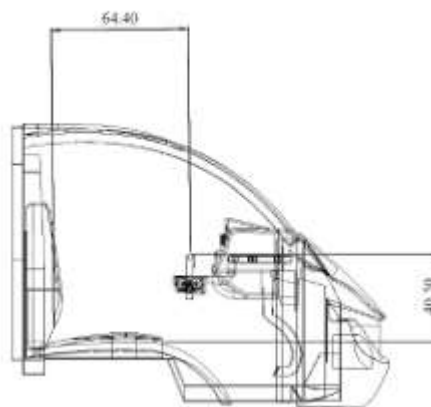
Gambar 2 Tata letak ruang kemudi tampak samping (cm)



Gambar 3 Tata letak ruang kemudi tampak atas

3.2. Analisis Dimensi Ergonomi

Perancangan dimensi ruang kemudi dilakukan berdasarkan data antropometri operator Indonesia dengan mempertimbangkan jangkauan tangan, jangkauan kaki, serta postur kerja yang nyaman selama pengoperasian mesin. Dimensi hasil perhitungan antropometri digunakan sebagai acuan awal, kemudian disesuaikan dengan kondisi aktual ruang kemudi untuk mengakomodasi keterbatasan ruang kabin dan penempatan komponen kendali. Jarak sandaran kursi ke tuas kendali dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 4 Jarak tuas kendali secara horizontal dan vertikal

Dimensi hasil rancangan mengalami beberapa penyesuaian dibandingkan hasil perhitungan antropometri. Jarak horizontal antara sandaran kursi dan tuas kendali meningkat dari 47 cm menjadi 64,4 cm. Penyesuaian ini dilakukan karena posisi dashboard dan mekanisme

tuas kendali memerlukan ruang pemasangan yang lebih besar sehingga jarak hasil perhitungan tidak dapat diterapkan secara langsung pada ruang kemudi. Selain itu, penambahan jarak tersebut memberikan ruang gerak yang lebih leluasa bagi operator saat mengoperasikan tuas kendali. Perbandingan antara dimensi hasil perhitungan dan dimensi hasil rancangan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Perbandingan dimensi hasil perhitungan antropometri dan hasil rancangan

Parameter	Hasil Perhitungan	Hasil Rancangan
Jarak horizontal sandaran kursi–tuas kendali	47 cm	64,4 cm
Jarak vertikal permukaan kursi–tuas kendali	21 cm	40,5 cm
Jarak sandaran kursi–pedal rem	64,5 cm	(sesuaikan dengan hasil akhir skripsi)

Jarak vertikal antara permukaan kursi dan tuas kendali juga meningkat dari 21 cm menjadi 40,5 cm. Perubahan ini dilakukan untuk menghindari benturan antara paha operator dengan dudukan tuas kendali ketika operator duduk dan mengoperasikan mesin. Dengan meningkatnya posisi tuas kendali, ruang gerak kaki menjadi lebih luas sehingga postur kerja operator menjadi lebih nyaman selama pengoperasian.

Secara keseluruhan, penyesuaian dimensi menunjukkan bahwa penerapan data antropometri tidak dapat dilakukan secara kaku, tetapi perlu disesuaikan dengan kondisi nyata ruang kemudi dan konfigurasi komponen kendaraan. Oleh karena itu, hasil perhitungan antropometri berfungsi sebagai acuan awal, sedangkan dimensi akhir ditentukan melalui proses optimasi agar tetap memenuhi aspek ergonomi, kemudahan pengoperasian, dan keterbatasan ruang yang tersedia. Kesesuaian dimensi hasil rancangan selanjutnya divalidasi melalui analisis ergonomi menggunakan metode RULA.

3.3. Evaluasi Ergonomi

Evaluasi ergonomi dilakukan menggunakan metode *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) untuk mengetahui tingkat kesesuaian postur kerja operator pada ruang kemudi yang telah dirancang. Analisis dilakukan melalui simulasi menggunakan software CATIA dengan manikin yang mewakili operator Indonesia pada persentil ke-5, ke-50, dan ke-95. Pendekatan ini bertujuan untuk memastikan bahwa rancangan ruang kemudi dapat mengakomodasi variasi ukuran tubuh operator tanpa menimbulkan postur kerja yang berisiko.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa seluruh persentil memperoleh *grand score* RULA pada kisaran 3–4 (sesuaikan dengan hasil skripsi). Berdasarkan klasifikasi metode RULA, skor tersebut menunjukkan bahwa postur kerja masih dapat diterima, namun memerlukan investigasi lebih lanjut dan perbaikan apabila diperlukan. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa posisi duduk, jangkauan tuas kendali, serta penempatan pedal rem telah memenuhi prinsip ergonomi sehingga operator dapat mengoperasikan mesin dengan postur tubuh yang relatif nyaman.

Tabel 2 Hasil analisis RULA untuk setiap persentil.

Persentil Operator	Grand Score RULA	Kategori
5	3	Investigasi lebih lanjut, perubahan bila diperlukan
50	3	Investigasi lebih lanjut, perubahan bila diperlukan
95	4	Investigasi lebih lanjut, perubahan bila diperlukan

Nilai RULA yang diperoleh juga menunjukkan bahwa penyesuaian dimensi ruang kemudi pada tahap perancangan berhasil meningkatkan kesesuaian antara tata letak komponen dengan karakteristik antropometri operator. Walaupun beberapa dimensi mengalami perubahan

dibandingkan hasil perhitungan teoritis, perubahan tersebut mampu menghasilkan posisi kerja yang lebih alami, terutama pada sudut lengan, bahu, dan tungkai bawah. Kondisi ini menunjukkan bahwa penyesuaian terhadap keterbatasan ruang kabin tidak mengurangi kualitas ergonomi rancangan.

Selanjutnya, hasil simulasi dibandingkan dengan hasil pengamatan postur operator pada pengujian aktual. Perbandingan tersebut menunjukkan bahwa postur kerja operator di lapangan memiliki kecenderungan yang serupa dengan hasil simulasi CATIA, sehingga rancangan yang dikembangkan dapat dinyatakan telah memenuhi aspek ergonomi dan layak diterapkan pada prototipe mesin pemanen tandan buah segar kelapa sawit.

3.4. Pengujian Prototipe

Setelah proses perancangan dan evaluasi ergonomi selesai, ruang kemudi diwujudkan dalam bentuk prototipe dan dilakukan pengujian untuk mengevaluasi kinerja serta kenyamanan operator selama pengoperasian mesin. Pengujian meliputi pengukuran tingkat kebisingan, getaran mekanis, serta observasi terhadap kemudahan operator dalam mengoperasikan seluruh komponen kendali. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa rancangan yang dihasilkan tidak hanya memenuhi aspek ergonomi secara teoritis, tetapi juga layak diterapkan pada kondisi kerja yang sebenarnya.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa tingkat kebisingan pada posisi operator sebesar 76,5 dB, sedangkan pada jarak 1–3 m berada pada kisaran 72,0–72,9 dB. Nilai tersebut masih berada di bawah Nilai Ambang Batas (NAB) kebisingan sebesar 85 dB untuk paparan kerja selama 8 jam. Dengan demikian, ruang kemudi yang dirancang mampu memberikan lingkungan kerja yang relatif aman dari aspek kebisingan sehingga tidak menimbulkan gangguan pendengaran bagi operator selama pengoperasian normal.

Selain kebisingan, pengujian getaran mekanis menunjukkan bahwa getaran yang diterima operator masih berada pada tingkat yang dapat diterima. Hal ini menunjukkan bahwa konstruksi ruang kemudi dan pemasangan komponen mampu meredam getaran yang ditimbulkan oleh mesin sehingga kenyamanan operator tetap terjaga selama proses kerja.

Uji lapang juga menunjukkan bahwa operator dapat mengoperasikan tuas kendali dan pedal rem dengan mudah tanpa mengalami keterbatasan ruang gerak. Posisi duduk memberikan bidang pandang yang baik terhadap area kerja di depan mesin sehingga operator dapat melakukan pengendalian kendaraan dengan lebih nyaman. Hasil pengujian ini mendukung hasil evaluasi ergonomi menggunakan metode RULA, yang menunjukkan bahwa rancangan ruang kemudi telah memenuhi aspek kenyamanan dan keselamatan operator.

Secara keseluruhan, hasil pengujian prototipe menunjukkan bahwa ruang kemudi yang dirancang telah memenuhi kebutuhan fungsional dan ergonomi. Integrasi antara hasil analisis antropometri, evaluasi RULA, serta pengujian lapang menghasilkan ruang kemudi yang layak diterapkan pada mesin pemanen tandan buah segar kelapa sawit.

4. Simpulan

Perancangan ruang kemudi mesin pemanen tandan buah segar (TBS) kelapa sawit berhasil dilakukan dengan menerapkan pendekatan ergonomi berbasis data antropometri operator Indonesia. Tata letak kursi, tuas kendali, dan pedal rem dirancang berdasarkan jangkauan operator, kemudian disesuaikan dengan keterbatasan ruang kabin sehingga tetap memberikan kenyamanan dan kemudahan dalam pengoperasian. Hasil evaluasi menggunakan metode Rapid Upper Limb Assessment (RULA) menunjukkan bahwa postur kerja operator berada pada kategori yang dapat diterima dengan hanya memerlukan investigasi lanjutan apabila diperlukan, sehingga rancangan memenuhi aspek ergonomi. Pengujian prototipe juga menunjukkan bahwa ruang kemudi berfungsi dengan baik, memiliki tingkat kebisingan yang

masih berada di bawah nilai ambang batas, serta memberikan ruang gerak dan bidang pandang yang memadai bagi operator. Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa rancangan ruang kemudi yang dikembangkan layak diterapkan pada mesin pemanen TBS kelapa sawit dan dapat mendukung peningkatan kenyamanan, keselamatan, serta efektivitas kerja operator.

5. Daftar Pustaka

- Barnes RM. 1958. *Motion and Time Study*. New York (US): John Wiley & Sons.
- Cherie D. 2006. *Desain Ruang Kemudi Pemanen Kelapa Sawit* [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Das B, Grady RM. 1983. The normal working area in the horizontal plane: A comparative analysis between Farley's and Squires' concepts. *Ergonomics*. 26:449–459.
- Desrial, Setiawan RPA, Sutejo A, Fauri MNA, Faris RA. 2019. Design of powertrain and steering system for six wheels agricultural transporter. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*.
- Ermayanti TD, Hermanto K. 2020. Analisis sikap kerja dengan metode Rapid Upper Limb Assessment (RULA) pada operator di PT Amman Mineral Nusa Tenggara. *Jurnal Industri dan Teknologi Samawa*. 1(1):12–16.
- Fajri I. 2017. *Analisis Rancangan Ruang Kemudi pada Prototipe Traktor Roda Empat Menggunakan RULA di PT Barata Indonesia* [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Fauzi Y. 2012. *Kelapa Sawit*. Edisi revisi. Jakarta (ID): Penebar Swadaya.
- Firman. 2019. *Analisis Rancangan Ruang Kemudi Transporter Roda Enam (FASTREX 6WD) Menggunakan RULA* [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Grabarek I. 2002. Ergonomic diagnosis of the driver's workplace in an electric locomotive. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*.
- Hartley CWS. 1988. *The Oil Palm (Elaeis guineensis Jacq.)*. 3rd ed. New York (US): Longman Group Limited.
- Hutabarat Y. 2017. *Dasar-Dasar Pengetahuan Ergonomi*. Malang (ID): Media Nusa Creative.
- Marpaung AM, Harahap MF, Ritonga RJ, Siregar BM. 2018. Pengembangan mesin pemotong rumput menjadi alat pemotong panen buah kelapa sawit. *Jurnal Teknik*. 2(2):60–64.
- Massaccesi M, Pagnotta A, Soccetti A, Masali M, Masiero C, Greco F. 2003. Investigation of work-related disorders in truck drivers using the RULA method. *Applied Ergonomics*. 34:303–307.
- McAtamney L, Corlett EN. 1993. RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*. 24(2):91–99.
- Mufidah Z. 2018. *Studi Antropometri dan Implementasinya dalam Desain Konseptual Tata Letak Ruang Kendali Combine Harvester untuk Petani Indonesia* [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Nurmianto E. 1996. *Ergonomi: Konsep Dasar dan Aplikasinya*. Surabaya (ID): Guna Widya.
- Panero J, Zelnik M. 1979. *Dimensi Manusia dan Ruang Interior*. Jakarta (ID): Erlangga.
- Pardamean M. 2011. *Sukses Membuka Kebun dan Pabrik Kelapa Sawit*. Jakarta (ID): Penebar Swadaya.
- Pheasant S. 2003. *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work*. 2nd ed. London (UK): Taylor & Francis.
- Sanders MS, McCormick EJ. 1992. *Human Factors in Engineering and Design*. 7th ed. Singapore (SG): McGraw-Hill.
- Satyawibawa I, Fauzi Y, Widyastuti YE, Hartanto R. 2008. *Budidaya Kelapa Sawit: Pemanfaatan Hasil dan Limbah, Analisis Usaha dan Pemasaran*. Edisi revisi. Jakarta (ID): Penebar Swadaya.
- Seidl A, Bubb H. 2005. *Ergonomic Analysis Metro AmDriver Mock-up: Final Report*. Utrecht (NL): Utrecht University.
- Stevenson MG. 1989. *Lecture Notes on the Principles of Ergonomics*. Sydney (AU): Centre for Safety Science, University of New South Wales.
- Suma'mur PK. 2009. *Higiene Perusahaan dan Keselamatan Kerja*. Jakarta (ID): Sagung Seto.

- Suyatno S. 1985. *Meningkatkan Produktivitas dengan Ergonomi*. Jakarta (ID): Pustaka Binaman Pressindo.
- Syuaib MF. 2015. Anthropometric study of farm workers on Java Island, Indonesia, and its implications for the design of farm tools and equipment. *Applied Ergonomics*. 51:222–235.
- Tarwaka, Solichul HAB, Sudiajeng L. 2004. *Ergonomi untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktivitas*. Surakarta (ID): UNIBA Press.
- Wignjosoebroto S. 2003. *Pengantar Teknik dan Manajemen Industri*. Surabaya (ID): Guna Widya.