

"Smart Comfort": Reka Bentuk Dan Pembangunan Penyokong Lengan Meja Secara Ergonomik Menggunakan Perisian CATIA V5R21

Ainul Azniza, A.Z.^{1*}, Norwadiah Mohd Andai¹, Noraini Mohd Baidui¹,
Nor Hamidah Yatim¹

¹ Department of Mechanical Engineering, Politeknik Merlimau Melaka, 77300 Merlimau, Melaka

*Corresponding author E-mail: ainul@pmm.edu.my

Abstrak

Penyokong Lengan Meja ialah konsep perabot kecil yang biasanya dipasang pada permukaan atau sisi meja kerja untuk memberikan sokongan kepada lengan semasa melakukan aktiviti duduk seperti menaip, menulis, atau membaca. Kajian ini memfokuskan kepada proses reka bentuk alat ini dengan menitikberatkan aspek ergonomik, estetik, dan fungsi. Masalah yang dikenal pasti ialah meja kerja atau meja belajar tanpa sokongan lengan boleh menyebabkan postur duduk yang tidak ergonomik, yang berpotensi menyumbang kepada masalah kesihatan muskuloskeletal jangka panjang. Kajian ini merangkumi analisis keperluan pengguna, penerokaan konsep reka bentuk, ujian prototaip, serta penilaian kesesuaian produk menggunakan perisian ergonomik CATIA V5R21. Objektif utama kajian ini ialah untuk menyediakan sokongan lengan yang selesa dan boleh laras, bagi meningkatkan keselesaan pengguna semasa bekerja atau belajar, serta menyumbang kepada pembangunan produk yang lebih efektif dan mesra pengguna. Produk ini direka bentuk agar sesuai digunakan pada meja pejabat dan meja belajar, dengan dimensi spesifik iaitu 10 cm lebar dan 20 cm tinggi. Kaedah penyelidikan merangkumi analisis keperluan pengguna, penjanaan konsep reka bentuk berpotensi, ujian prototaip bagi menilai kebolehgunaan dan kesesuaian, serta penilaian ergonomik menggunakan perisian CATIA V5R21. Hasil analisis menunjukkan bahawa reka bentuk cadangan memperoleh skor RULA sebanyak 2, yang tergolong dalam kategori postur yang boleh diterima. Skor RULA yang rendah ini menunjukkan bahawa kedudukan lengan adalah lebih ergonomik. Analisis ini mengesahkan bahawa reka bentuk penyokong lengan meja ini berkesan dalam mengurangkan risiko kecederaan serta meningkatkan keselesaan pengguna, khususnya semasa penggunaan jangka panjang. Hasil analisis menggunakan CATIA V5R21 menunjukkan skor RULA sebanyak 2 untuk postur lengan bawah dan atas, menandakan postur tersebut berada dalam kategori selamat dan ergonomik.

Kata Kunci: *Ergonomik, Penyokong Lengan Meja, CATIA V5R21, Analisis RULA, Keselesaan*

1.0 Pengenalan

Penyokong lengan meja ialah satu peranti tambahan bersaiz kompak yang biasanya dipasang di permukaan atau sisi meja kerja, bertujuan menyediakan permukaan rata untuk menyokong lengan ketika melakukan aktiviti seperti menaip, menulis, atau membaca. Reka bentuk penyokong lengan yang baik memainkan peranan penting dalam meningkatkan tahap keselesaan dan kecekapan penggunaan perabot dalam rutin harian pengguna (Tilley, 2002; Grandjean, 1988). Ergonomik merujuk kepada sains reka bentuk tempat kerja dan alatan yang bersesuaian dengan keperluan manusia. Beberapa perisian seperti CATIA, JACK Siemens, dan Delmia Human biasa digunakan untuk simulasi dan analisis ergonomik.

Kepentingan utama penyokong lengan meja terletak pada keupayaannya untuk meningkatkan keselesaan pengguna ketika duduk dalam tempoh yang lama, dengan menyediakan ruang tambahan yang boleh menyokong tangan dan menyimpan barang-barang kecil yang sering digunakan. Ini membantu mengurangkan gangguan semasa bekerja atau belajar, melalui penyediaan platform yang stabil dan mudah dicapai (Mayo Clinic, n.d.). Reka bentuk sedemikian menyumbang kepada postur tubuh yang lebih baik dan secara tidak langsung mengurangkan risiko tekanan otot akibat pergerakan badan yang tidak perlu (Bridger, 2009).

Dalam konteks sebenar seperti di rumah, pejabat, bilik darjah dan makmal, penyokong lengan meja meningkatkan kemudahan pengguna dengan membolehkan barangan peribadi bersaiz kecil diletakkan dalam jangkauan tanpa mengganggu posisi duduk yang selesa. Selain itu, ia turut menyumbang kepada nilai estetik dan fungsi perabot, menjadikannya lebih menarik dan praktikal (Yang & Lee, 2019).

Oleh itu, reka bentuk penyokong lengan meja yang berkesan perlu mengambil kira piawaian ergonomik, daya tarikan visual, serta fungsi yang mesra pengguna. Dengan memahami peranan penting penyokong lengan dan kaitannya dalam pelbagai situasi penggunaan, kajian dan inovasi lanjut berpotensi menghasilkan produk yang lebih baik dan memberi nilai tambah dalam kehidupan seharian pengguna di seluruh dunia (Tilley, 2002; Bridger, 2009).

Objektif utama kajian ini adalah untuk mereka bentuk dan membangunkan sistem penyokong lengan meja yang boleh dilaras dan ergonomik, khusus bagi pengguna yang duduk lama seperti pelajar dan pekerja pejabat. Kajian ini meliputi reka bentuk digital dan analisis postur menggunakan CATIA V5R21 serta penilaian ergonomik menerusi kaedah RULA, dengan sasaran pengguna berketinggian antara 150–180 cm, mengikut dimensi antropometrik pengguna Malaysia. Berdasarkan kajian terdahulu, produk sedia ada didapati kurang stabil dan tidak fleksibel dari segi pelarasan. Oleh itu, reka bentuk baharu ini dicadangkan bagi memenuhi keperluan pengguna secara lebih efektif dan selesa.

2. Kajian Terdahulu & Pembangunan Hipotesis

2.1 Reka Bentuk Penyokong Lengan yang Sedia Ada di Pasaran

Bagi memastikan reka bentuk penyokong lengan meja yang dihasilkan benar-benar memenuhi keperluan pengguna serta selari dengan piawaian ergonomik semasa, satu tinjauan literatur telah dijalankan terhadap pelbagai produk sedia ada di pasaran. Kajian ini membantu mengenal pasti ciri utama, kelebihan serta kekangan reka bentuk terdahulu yang boleh dijadikan asas penambahbaikan dalam projek ini (Kamath & Bijlani, 2018; Lam et al., 2022).

Analisis yang dijalankan melibatkan pelbagai jenis penyokong lengan yang digunakan dalam persekitaran seperti bengkel, ruang pejabat, dan workstation digital. Perbandingan dibuat dari segi aspek pelarasan struktur, pemilihan bahan, keserasian terhadap prinsip ergonomik, dan fungsi pelbagai guna. Menurut Tilley (2002) dan Bridger (2009), kefahaman tentang prinsip asas ergonomik dalam peralatan sokongan ini amat penting bagi membantu mengurangkan ketegangan otot dan memberi keselesaan optimum, terutamanya semasa aktiviti duduk yang berpanjangan.

Satu ringkasan bagi tiga jenis peranti penyokong lengan meja yang biasa ditemui di pasaran dipersembahkan dalam Jadual 1 di bawah.

Jadual 1: Jenis-Jenis Peranti Penyokong Lengan Meja di Pasaran

Jenis	Rekabentuk	Ciri-ciri	Kelebihan / Kekangan
<i>Strong Hand Articulated Arm Rest</i> (Poonawala et al, 1998)	Direka secara ergonomik untuk keselesaan, menggunakan bahan ringan dan tahan lasak seperti aluminium atau plastik. Ketinggian dan sudut boleh dilaras mengikut keperluan pengguna.	Diperbuat daripada aluminium tahan haba. Tinggi 15 inci. Boleh berputar 360 darjah	Sesuai untuk bengkel kerja seperti kimpalan. Sistem pelarasan sangat membantu. Namun, mungkin tidak serasi dengan semua jenis meja.



Pelantar Sambungan
Meja
Desk Extender Tray
(Barrero. etl, 1999)



Mempunyai bentuk segi empat atau bentuk bebas, dengan permukaan yang licin dan tahan calar – sesuai untuk menulis atau meletak alat tulis.

Diperbuat daripada keluli tahan karat. Saiz produk: 20 x 9.5 inci..

Tidak boleh menampung beban berat. Menambah elemen visual yang menarik pada meja. Mudah dipasang dan ditanggalkan.

Penyokong Lengan
Komputer Boleh Laras
*Computer Adjustable
Arm Rest for Desk*
(Eggleston. etl, 2020)



Direka untuk menyokong lengan dan mengurangkan keletihan serta tekanan pada pergelangan tangan dan bahu. Reka bentuk padat dan tidak memakan ruang meja yang besar.

Diperbuat daripada akrilon. Saiz: 7.4 x 5.1 x 5.1 inci. Berat: 350g.

Menyediakan sokongan yang baik untuk lengan dan pergelangan tangan. Namun, tiada sistem pelarasan — boleh menyebabkan ketidakselesaan.

Dari tinjauan literatur, didapati bahawa kebanyakan penyokong lengan sedia ada di pasaran tidak menawarkan fungsi pelarasan ketinggian yang fleksibel, kurang stabil, dan tidak dioptimumkan dari sudut ergonomik, menyebabkan pengguna mudah mengalami tekanan pada otot. Justeru, kajian ini bertujuan untuk mengatasi kekurangan tersebut dengan mencadangkan satu reka bentuk baharu yang lebih mesra pengguna, stabil, dan berfungsi untuk jangka masa panjang.

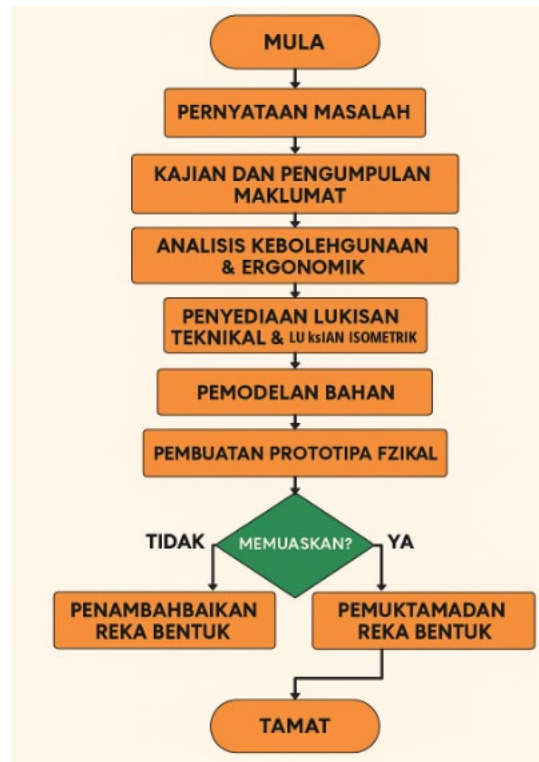
2.2 Pembangunan Hipotesis

Berdasarkan ulasan literatur dan masalah yang telah dikenal pasti, beberapa hipotesis telah dibangunkan bagi menilai keberkesanan reka bentuk penyokong lengan meja boleh laras yang dicadangkan: Kajian literatur menunjukkan bahawa kebanyakan reka bentuk sedia ada kurang fleksibel dari segi pelarasan dan menyumbang kepada postur yang tidak optimum. Oleh itu, reka bentuk baharu dicadangkan untuk menambah baik aspek tersebut.

- Hipotesis (H_1): Reka bentuk penyokong lengan meja yang boleh dilaras ketinggian akan menghasilkan skor ergonomik RULA yang lebih rendah berbanding dengan reka bentuk konvensional yang tetap.
- Hipotesis Nol (H_0): Tiada perbezaan yang signifikan dalam skor ergonomik RULA antara penyokong lengan meja boleh laras dan reka bentuk konvensional tetap.

3. Kaedah Kajian

Kajian ini dijalankan secara eksperimen melalui beberapa fasa utama, bermula dengan pemilihan kaedah anyaman gentian, proses fabrikasi pad penyokong lengan, dan seterusnya ujian mekanikal. Setiap langkah dalam proses ini telah direka bentuk secara sistematik dan digambarkan dalam bentuk carta alir bagi memudahkan pemahaman tentang aliran kerja kajian ini.



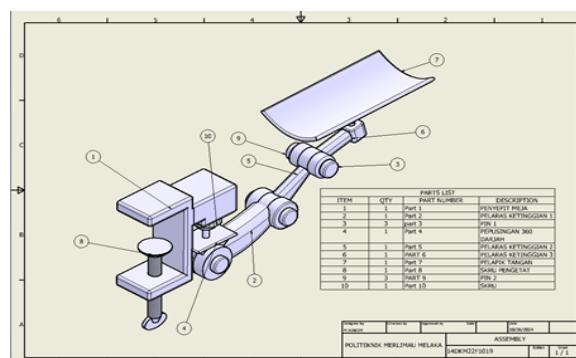
Rajah 1: Carta Alir Kaedah Pembangunan Reka Bentuk & Prototaip

Rajah 1 menunjukkan carta alir metodologi pembangunan projek. Proses ini bermula dengan pernyataan masalah dan kajian literatur yang menyeluruh, diikuti dengan analisis kebolegunaan dan ergonomik. Komponen utama direka bentuk secara digital menggunakan CATIA V5R21 termasuk lukisan teknikal dan simulasi postur pengguna. Prototaip fizikal kemudiannya dihasilkan dan diuji menggunakan kaedah RULA untuk memastikan keselesaan dan keberkesanan.

3.1 Reka Bentuk Kajian

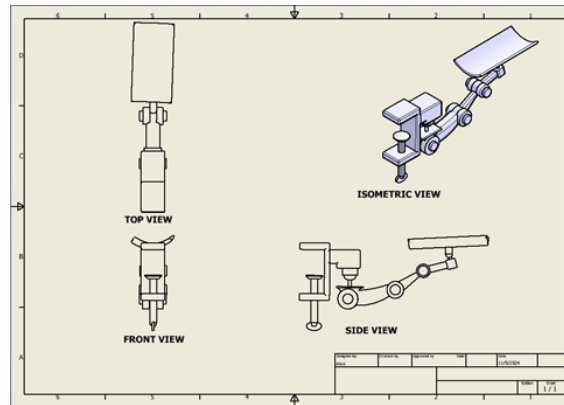
3.1.1 Lukisan Teknikal

Reka bentuk berbantuan komputer (CAD) ialah penggunaan komputer untuk membantu dalam mereka bentuk, membina model, dan menghasilkan lukisan teknikal atau ilustrasi kejuruteraan bagi sesuatu komponen, bahagian yang dipasang, atau keseluruhan projek.



Rajah 2: Lukisan Pemasangan dan Senarai Bahan (Bill of Materials - BOM)

Rajah 2 menunjukkan lukisan pemasangan lengkap bersama senarai bahan (BOM), termasuk lukisan pemasangan penuh (*assembly drawing*) lengkap yang memaparkan susunan setiap komponen produk. Lukisan ini membantu kita faham cara setiap bahagian disambungkan dan dipasang menjadi satu produk yang lengkap (Tilley, 2002).



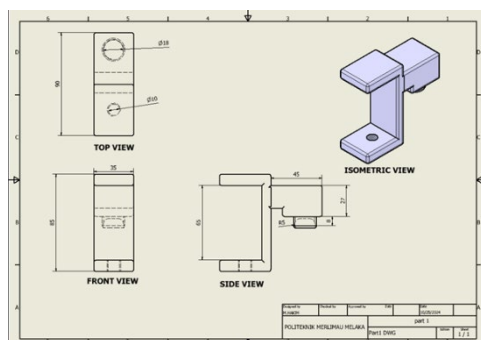
Rajah 3: Lukisan Isometrik

Rajah 3 menunjukkan lukisan isometrik yang memaparkan pandangan atas, depan, dan sisi produk. Lukisan ini memberi gambaran keseluruhan produk dengan lebih jelas dan membantu kita membayangkan reka bentuknya dengan lebih mudah (Callister & Rethwisch, 2018).

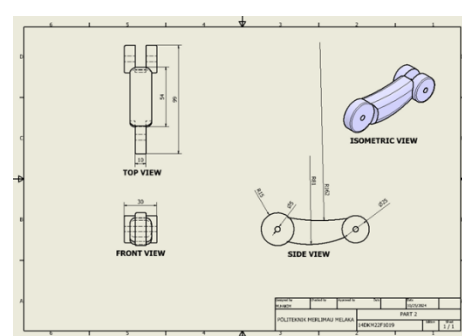
3.2 Dimensi Setiap Komponen

Bahagian ini menunjukkan lukisan teknikal bagi setiap komponen yang digunakan dalam Sistem Penyokong Lengan Meja. Lukisan ini dibuat menggunakan perisian CAD dan memaparkan pandangan dari pelbagai sudut seperti atas, hadapan, sisi dan isometrik. Ini penting supaya setiap komponen boleh dibuat dengan saiz yang tepat.

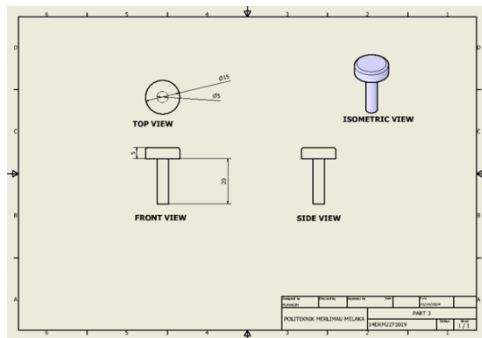
Maklumat saiz ini digunakan sebagai rujukan semasa membuat prototaip, memasang bahagian-bahagian, dan menjalankan ujian. Lukisan ini juga membantu memastikan setiap bahagian serasi antara satu sama lain dan memenuhi keperluan mekanikal sebelum produk sebenar dikeluarkan.



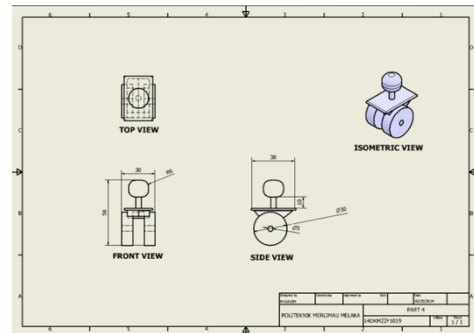
Rajah 4: menunjukkan **Braket Penjepit** yang berfungsi sebagai asas pengikat utama sistem pada permukaan meja. Ia direka dengan pelaras untuk membolehkan sistem diketatkan pada meja dengan pelbagai ketebalan.



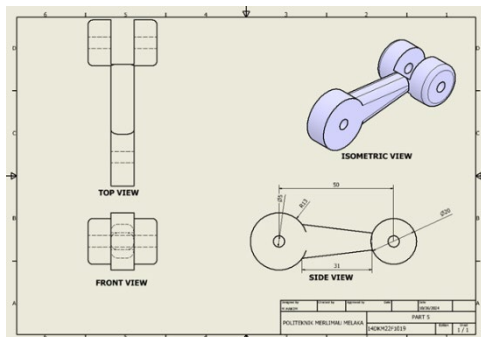
Rajah 5: memperincikan **Lengan Penyambung**, iaitu komponen yang menyambungkan antara bahagian penyokong utama dan pad sokongan. Ia direka dengan keupayaan putaran untuk fleksibiliti posisi pengguna.



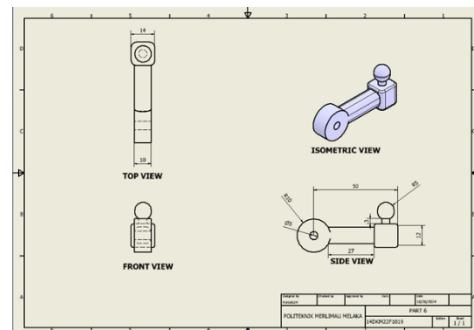
Rajah 6: Memaparkan **Pin Sokongan**, komponen silinder kecil yang digunakan sebagai paksi putaran untuk lengan penyambung.



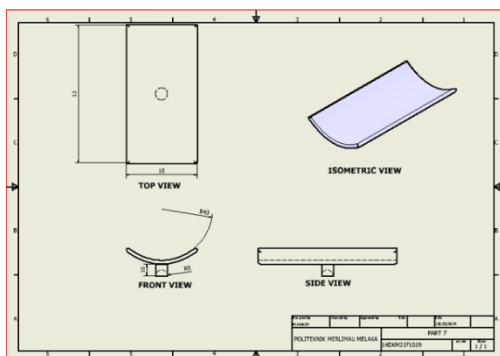
Rajah 7: Menunjukkan **Penyambung Sendi**, komponen penghubung modular yang membolehkan pergerakan putaran bebas antara dua lengan struktur.



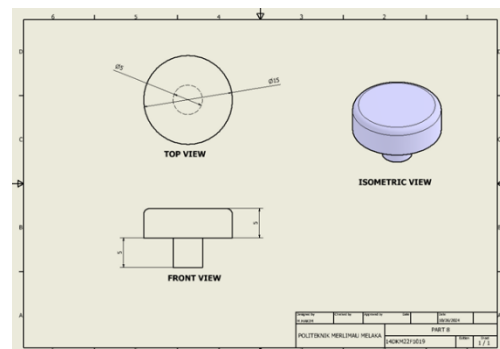
Rajah 8: Menerangkan **Skru Pengunci**, iaitu skru utama yang digunakan untuk mengunci kedudukan selepas pelarasan dilakukan.



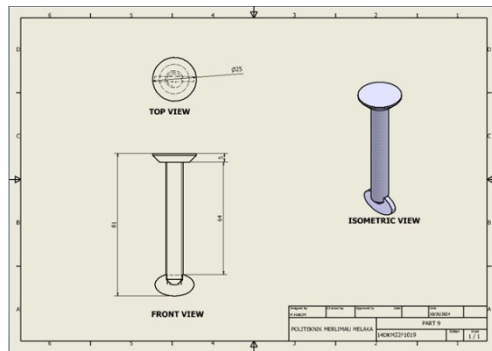
Rajah 9: Menunjukkan reka bentuk **Pelaras Ketinggian 1** yang membolehkan pengguna melaras ketinggian keseluruhan sistem mengikut keselesaan postur.



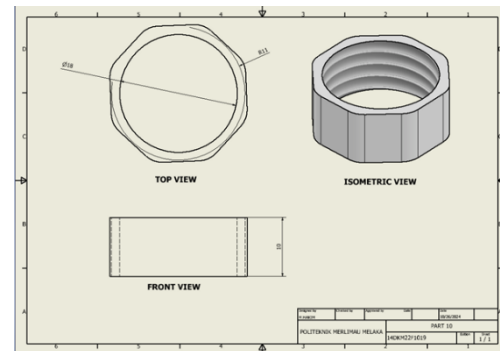
Rajah 10: memaparkan **Pad Penyokong Lengan** yang direka dengan lengkungan ergonomik untuk menyokong lengan pengguna, mengurangkan tekanan pada otot.



Rajah 11: ialah **Penutup Pelaras**, komponen kecil untuk menutup bahagian pelaras agar lebih selamat dan estetik.



Rajah 12: menunjukkan Bolt Pengetat, digunakan untuk menyambung dan mengetatkan bahagian-bahagian yang memerlukan ketahanan tinggi.



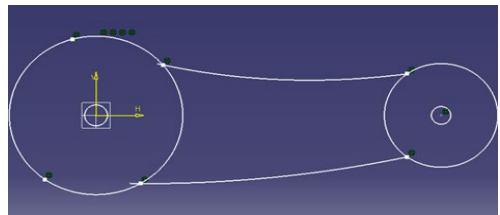
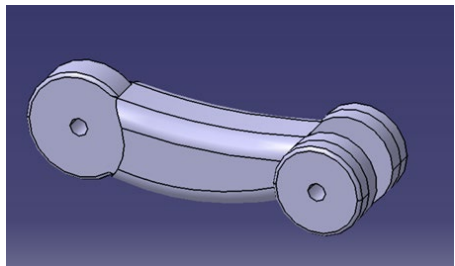
Rajah 13: memperlihatkan Penutup Heksagon (Hexagonal End Cap) yang digunakan sebagai kemasan akhir pada bahagian bawah sistem bagi tujuan keselamatan dan rekabentuk kemas.

3.3 Proses Reka Bentuk Produk (CATIA V5R21)

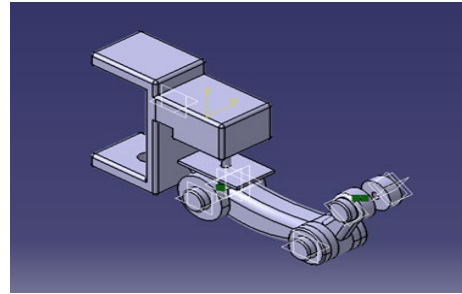
Pembangunan sesuatu produk yang berfungsi dan dioptimumkan dari segi ergonomik memerlukan satu aliran kerja yang tersusun, melibatkan pemodelan digital yang tepat, simulasi, dan pengesahan berulang (iteratif). Dalam projek ini, perisian CATIA V5R21, iaitu perisian Reka Bentuk Berbantuan Komputer (CAD) yang sangat dihargai dalam industri, telah digunakan untuk memodel dan mensimulasikan Sistem Penyokong Lengan Meja.

Pendekatan ini membolehkan visualisasi menyeluruh dan penambahbaikan setiap komponen secara terperinci, sambil memastikan bahawa produk akhir menepati integriti mekanikal dan piawaian ergonomik (Tilley, 2002; LaBarge & Barnard, 2017).

Jadual 2: Proses dan Visualisasi Reka Bentuk Sistem Penyokong Lengan Meja

Proses	Gambarajah
1. Lakarkan setiap komponen dalam bentuk objek 2D Mulakan dengan melakar setiap komponen secara individu dalam bentuk 2D menggunakan fungsi lakaran (<i>sketching feature</i>) dalam perisian CATIA V5R21.	 Rajah 14: Lakaran 2D Komponen
2. Gunakan alat Pad di panel kanan untuk mengekstrud lakaran 2D menjadi komponen 3D. Ulang proses ini untuk semua bahagian. Langkah ini akan menukar lakaran rata 2D kepada model 3D yang pejal. Gunakan kaedah yang sama untuk setiap komponen secara individu.	 Rajah 15: Model 3D Bagi Komponen Tunggal Menggunakan Alat Pad

3. Setelah semua komponen dimodelkan dalam bentuk 3D, satukan kesemuanya menggunakan modul Assembly Design. Langkah ini menggabungkan semua bahagian ke dalam satu pemasangan berfungsi untuk mengesahkan penjajaran dan interaksi antara komponen.



Rajah 16: Pemasangan Penuh Penyokong Lengan Meja Menggunakan Modul Assembly Design

4. Setelah semua komponen dipasang, meneruskan analisis ergonomik dan menilai interaksi postur badan dengan produk. Simulasi ini membantu memastikan bahawa reka bentuk tersebut menyokong kedudukan tubuh yang betul serta memberikan keselesaan ergonomik semasa penggunaan.

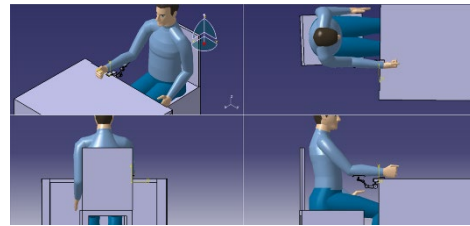


Figure 17: Simulasi Ergonomik Postur Pengguna dengan Penyokong Lengan Meja

4. Dapatan Dan Analisis

4.1 Prototaip Fizikal

Rajah di bawah menunjukkan prototaip sebenar yang telah dibina berdasarkan lukisan CAD yang direka dan spesifikasi dimensi yang telah ditetapkan. Prototaip ini merupakan model awal yang digunakan untuk tujuan ujian bagi mengesahkan kesesuaian mekanikal, kebolehsuaian pelarasan ergonomik, dan kestabilan semasa penggunaan.



Rajah 16: Prototaip Fizikal Penyokong Lengan Meja

Prototaip fizikal telah diuji untuk menilai keberkesanannya dari segi fungsi pelarasan, kestabilan, kebolehgunaan dan aspek ergonomik. Beberapa ujian utama dijalankan:

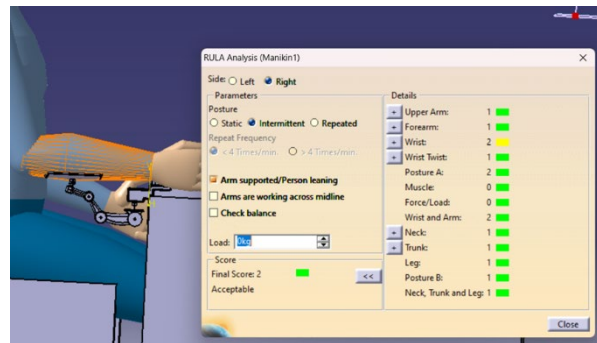
- Fungsi Pelarasan: Ketinggian penyokong boleh dilaras antara 70–120 mm. Ujian oleh 5 pengguna menunjukkan pelarasan berjalan lancar dan fleksibel untuk pelbagai postur.
- Kestabilan Struktur: Ujian beban statik 5 kg selama 30 minit menunjukkan tiada kecondongan atau kerosakan. Struktur kekal stabil.

- Kebolegunaan: Pengguna sasaran (pelajar & staf) melaporkan peningkatan keselesaan dan pengurangan tekanan pada bahu dan lengan selepas 15 minit penggunaan.
- Analisis RULA: Skor RULA menurun dari 6 ke 2 selepas penggunaan prototaip, membuktikan peningkatan signifikan dari aspek postur dan ergonomik.

Hasil ujian menunjukkan prototaip ini berfungsi seperti yang dirancang, menepati objektif reka bentuk dan sesuai digunakan dalam persekitaran kerja harian.

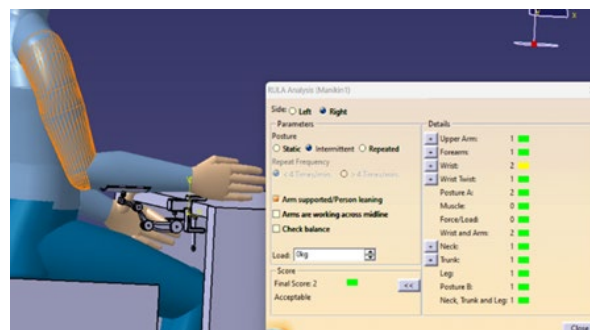
4.2 Analisis Ergonomik

Bagi memastikan reka bentuk penyokong lengan meja menyokong postur kerja yang sihat, satu analisis Rapid Upper Limb Assessment (RULA) telah dijalankan menggunakan model manusia digital dalam perisian CATIA V5R21. Penilaian ini bertujuan menilai risiko terhadap sistem muskuloskeletal yang berkaitan dengan postur badan bahagian atas pengguna semasa berinteraksi dengan produk. Analisis ini memberi tumpuan kepada dua segmen utama badan: lengan bawah (forearm) dan lengan atas (upper arm), dengan mensimulasikan kedudukan pengguna yang sedang duduk.



Rajah 17: Analisis Ergonomik RULA – Bahagian Lengan Bawah

Rajah 17 menunjukkan hasil analisis RULA yang menilai kedudukan lengan bawah semasa menggunakan penyokong lengan meja. Kedudukan lengan bawah berada dalam keadaan selesa dan semula jadi, dengan skor 1. Pergelangan tangan juga tidak menunjukkan sebarang posisi yang membahayakan. Skor keseluruhan adalah 2, yang bermaksud reka bentuk ini selamat digunakan, tidak menyebabkan ketegangan, dan tidak memerlukan sebarang pembetulan postur.



Rajah 18: Analisis Ergonomik RULA – Bahagian Lengan Atas

Rajah 18 menunjukkan penilaian terhadap postur lengan atas dan bahu. Lengan pengguna disokong dengan baik oleh penyokong lengan, dengan skor RULA bagi bahagian lengan atas ialah 1. Postur leher, batang tubuh, dan kaki juga berada dalam zon selamat. Simulasi

ini mengesahkan bahawa keseluruhan postur badan adalah ergonomik semasa penggunaan. Skor akhir RULA kekal pada 2, menunjukkan reka bentuk ini tidak menyebabkan tekanan ergonomik dan sesuai digunakan untuk tempoh yang panjang.

Secara keseluruhan, kedua-dua analisis (lengan bawah dan lengan atas) menunjukkan bahawa prototaip penyokong lengan ini memberikan sokongan yang mencukupi untuk mengekalkan postur kerja yang sihat. Skor RULA yang konsisten sebanyak 2 bagi kedua-dua bahagian menyokong dakwaan bahawa reka bentuk ini mampu meningkatkan keselesaan dan mengurangkan risiko masalah otot dan sendi, terutamanya semasa kerja meja yang berpanjangan.

Jadual 3: Skor Penilaian RULA bagi Penggunaan Penyokong Lengan Meja

Bahagian Dinilai	Postur	Skor Awal	Skor Pelarasan	Skor Akhir
Lengan atas	20° ke bawah	1	0	1
Lengan bawah	90° (siku dibengkokkan)	1	0	1
Pergelangan tangan	Neutral	1	0	1
Skor akhir Postur A				2

Berdasarkan simulasi RULA dalam perisian CATIA V5R21, kedudukan lengan bawah pengguna berada dalam julat selesa (90°), dengan pergelangan tangan dalam posisi neutral dan tiada pergerakan berulang yang ketara. Skor awal bagi postur A (lengan dan pergelangan tangan) adalah 2, menunjukkan tahap risiko ergonomik yang rendah, dan tiada tindakan pembetulan diperlukan serta-merta seperti yang di tunjukkan dalam Jadual 3.

5. Kesimpulan

Projek ini berjaya mencapai objektif utama iaitu mereka bentuk dan membangunkan sistem penyokong lengan meja yang boleh dilaras, stabil dan berkesan dari segi ergonomik. Penggunaan perisian CATIA V5R21 membolehkan pemodelan dan simulasi 2D serta 3D yang tepat, disusuli dengan proses integrasi bahagian melalui modul *Assembly Design* bagi membentuk prototaip digital yang lengkap. Parameter kritikal seperti pelaras ketinggian, saiz pad penyokong, dan sudut kecondongan telah dikenalpasti sebagai faktor utama yang menyumbang kepada keberkesanan reka bentuk.

Penilaian ergonomik menggunakan kaedah RULA (Rapid Upper Limb Assessment) menunjukkan skor menurun daripada 6 kepada 2 selepas penggunaan produk, membuktikan reka bentuk ini berupaya menyokong postur duduk yang lebih sihat dan mengurangkan tekanan otot serta sendi secara signifikan. Simulasi fokus kepada segmen lengan atas dan bawah turut memperkukuh dapatan bahawa prototaip ini ergonomik dan sesuai digunakan untuk jangka masa panjang di persekitaran seperti pejabat, makmal, atau bilik darjah.

Secara keseluruhannya, produk yang dibangunkan ini bukan sahaja kukuh dan boleh dilaras mengikut keperluan pengguna, malah memenuhi piawaian ergonomik yang relevan. Reka bentuk berasaskan pendekatan fokus pengguna dan disokong dengan simulasi CAD serta analisis saintifik telah membuktikan keberkesanan projek ini dalam menyumbang kepada pembangunan produk sokongan harian yang praktikal dan bermakna.

Sebagai cadangan penambahbaikan, kajian lanjut disarankan melibatkan lebih ramai pengguna sebenar, tempoh penggunaan lebih panjang, serta potensi integrasi teknologi pintar seperti penderia tekanan atau sistem maklum balas postur masa nyata untuk meningkatkan nilai fungsi dan inovasi produk.

Rujukan

- Barrero, M., Hedge, A., & Muss, T. (1999). Effects of chair armrest design on wrist posture. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society*, 43(1), 584-588.
- Bridger, R. S. (2009). **Introduction to ergonomics**. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Brown, S. (2020). The application of polypropylene in modern ergonomic furniture. **Journal of Materials Science Applications*, 7*(3), 135–145.
- Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2018). **Materials science and engineering: An introduction**. New York: John Wiley & Sons.
- Eggleston, S. (2020). Mouse With Your Arm™: Facilitating forearm support using the chair armrest to prevent and mitigate musculoskeletal disorders. *Work*, 66(3), 483–495.
- Grandjean, E. (1988). **Fitting the task to the man: An ergonomic approach**. London: Taylor & Francis.
- Hirtz, P. D., & Stone, R. B. (2014). **CATIA V5 for designers**. New York: CADCIM Technologies.
- Kamath, A., & Bijlani, P. (2018). Applications of Internet of Things (IoT) in ergonomic office furniture. **Journal of Modern Ergonomic Design*, 5*(2), 88–97.
- LaBarge, J., & Barnard, E. (2017). Ergonomic evaluation of office furniture using CATIA V5. **Applied Ergonomics Journal*, 4*(3), 223–229.
- Lam, K. M., Chan, A. H. S., & Gallimore, J. (2022). Ergonomic design and evaluation of office workstation components: A systematic review. *Applied Ergonomics*, 101, 103715.
- Mayo Clinic. (n.d.). **Office ergonomics: Your how-to guide**. Retrieved from
- Morvan, H., & Thibault, G. (2015). **Ergonomic design of workspaces and equipment**. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Pheasant, S. (1996). **Bodyspace: Anthropometry, ergonomics, and the design of work**. London: Taylor & Francis.
- Poonawala, M. F., & Fernandez, J. E. (1998). Effect of using arm supports as an aid to light assembly work. *Advances in Occupational Ergonomics and Safety*
- Slideshare. (n.d.). **Aspek ergonomik**. Retrieved from <https://www.slideshare.net/slideshow/aspek-ergonomik/13019962>
- Tilley, A. R. (2002). **The measure of man and woman: Human factors in design**. New York: John Wiley & Sons.
- UiTM eJournal. (2018). **Ergonomic practices among university students**.