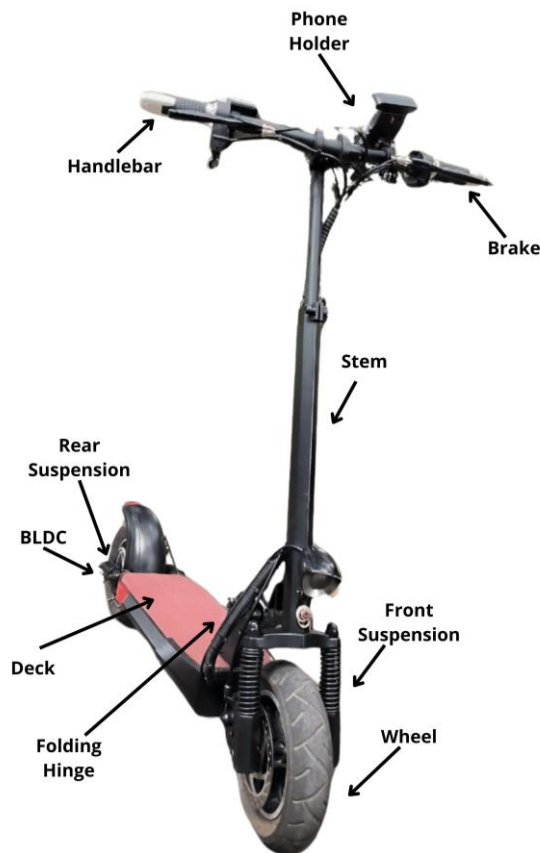


BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

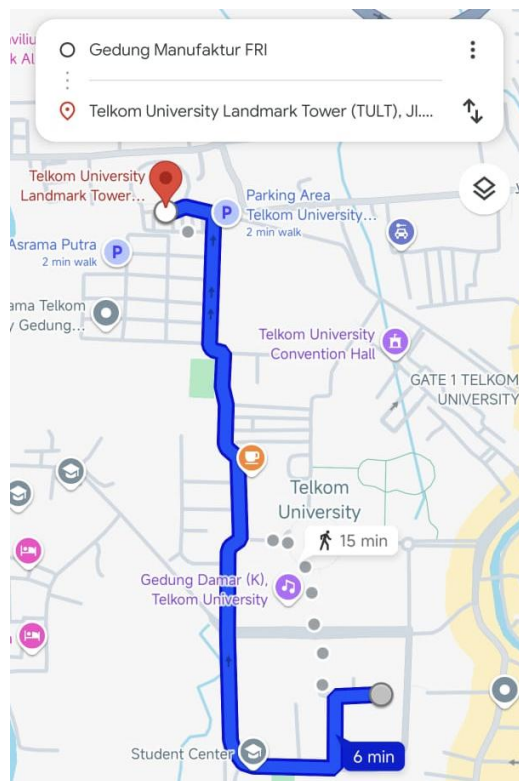
Guna meningkatkan efisiensi mobilitas mahasiswa di lingkungan Universitas Telkom, dikembangkan *e-scooter* generasi pertama (V1) sebagai solusi transportasi mikro ramah lingkungan. *E-scooter* dirancang untuk memudahkan perpindahan antar gedung perkuliahan, laboratorium, dan fasilitas kampus lainnya yang tersebar di area kampus yang cukup luas.



Gambar 1. 1 *E-scooter* V1

Desain *e-scooter* untuk penggunaan intensif mahasiswa harus menyeimbangkan performa dan aspek ergonomi demi kenyamanan pengguna. Menurut Djuanaidi dan Arnur (2015), desain dan ukuran kendaraan yang tidak ergonomis dapat menyebabkan kelelahan pengendara. Setiap transportasi memerlukan rancangan ergonomis untuk mengurangi risiko cedera jangka panjang. Namun, *e-scooter* V1 belum melalui pengujian ergonomi mendalam. Kebutuhan pengujian ini muncul setelah permasalahan ergonomi teridentifikasi dari keluhan mahasiswa pengguna *e-scooter* di lingkungan kampus yang mengeluhkan rasa pegal dan nyeri pada

pergelangan tangan dan pundak. Berdasarkan temuan awal tersebut, dilaksanakan pengumpulan data eksisting secara subjektif pada mahasiswa Universitas Telkom dari jurusan teknik industri sebagai pengguna *e-scooter* V1. Pengujian awal ini difokuskan pada rute kampus dari Gedung Laboratorium Manufaktur hingga Gedung TULT dengan sistem *looping* sesuai rambu kampus, dimana setiap responden melakukan perjalanan dengan variasi kecepatan.



Gambar 1. 2 Peta Rute Tes *E-scooter*

Penelitian ini menggunakan metode *simple random sampling* untuk menentukan jumlah responden. Jumlah minimal responden mencapai 30 orang. Peneliti melakukan pengukuran menggunakan lembar Nordic Body Map (NBM) setelah menentukan jumlah responden. Nordic Body Map (NBM) merupakan salah satu dari metode pengukuran subjektif untuk mengukur rasa sakit otot pada pekerja (Hasyti. 2023). Lembar Nordic Body Map (NBM) berbentuk daftar bagian tubuh dengan kotak *checkbox* yang berisikan skala sakit yang dirasakan oleh responden. Hasyti (2023) menjelaskan bahwa Nordic Body Map mempunyai 28 titik keluhan yang dimulai dari 0 sampai 27 titik nomor yang dapat dinilai dengan menggunakan skala likert untuk melihat tingkat keluhan *musculoskeletal disorder* (MSDs).

Tabel 1. 1 Skala Likert

Skor atau Skala	Kategori
1	Tidak Sakit
2	Agak Sakit
3	Sakit
4	Sangat Sakit

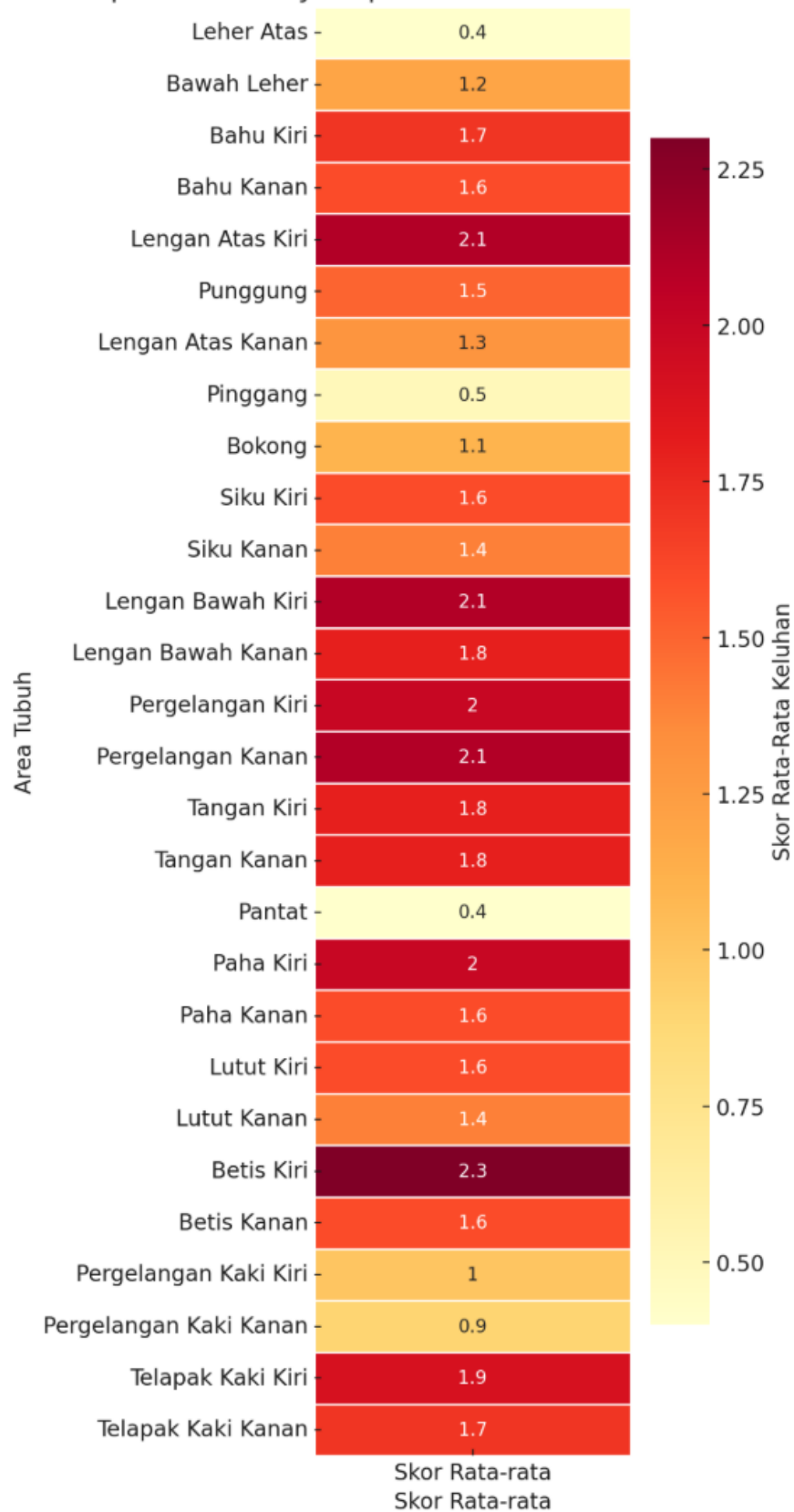
Nordic Body Map (NBM) menggunakan skala likert untuk mengukur dan mengekspresikan *musculoskeletal disorder* (MSDs). Skala ini berfungsi sebagai indikator penentu setiap jenis keluhan dalam lembar NBM yang membedakan empat tingkat keluhan dengan kriteria jelas. Kategori "Tidak Sakit" menunjukkan tidak adanya keluhan, sedangkan "Agak Sakit" menggambarkan ketidaknyamanan ringan yang tidak mengganggu aktivitas. Perbedaan utama terletak pada kategori "Sakit" yang menunjukkan nyeri mengganggu performa namun masih dapat ditoleransi, dan "Sangat Sakit" yang menandakan nyeri berat pembatas mobilitas dengan potensi cedera kronis. Klasifikasi tersebut merupakan interpretasi dalam *General Nordic Musculoskeletal Questionnaire* oleh Kuorinka, dkk (1987) yang menilai adanya keluhan, dampak terhadap aktivitas, serta durasi gejala. Dalam studi ini, kategori "Sakit" dan "Sangat Sakit" digabung sebagai indikator utama untuk menentukan prioritas intervensi desain, mengingat keduanya secara klinis menunjukkan masalah ergonomis yang memerlukan penanganan segera.

Responden melakukan pengujian dengan mengendarai *e-scooter* terlebih dahulu sebelum mengisi lembar Nordic Body Map (NBM). Tahapan pengisian NBM dilaksanakan segera setelah responden menyelesaikan uji coba. Data hasil pengisian kemudian direkapitulasi secara sistematis. Peneliti menganalisis setiap kategori skor likert untuk mengidentifikasi frekuensi keluhan. Fokus penelitian mencakup keluhan tubuh bagian atas dengan rentang data nomor 0 hingga 17. Visualisasi tabel menggunakan warna untuk menandai tingkat keparahan tertinggi yang perlu perhatian khusus.

Tabel 1. 2 Rekapitulasi Hasil Skor NBM

Hasil Pengukuran Nordic Body Map (NBM)					
No.	Jenis Keluhan	Persentase Skor Skala Likert			
		Tidak Sakit	Agak Sakit	Sakit	Sangat Sakit
0	Sakit/ kaku di bagian leher atas	70%	20%	10%	0%
1	Sakit/ kaku di bagian bawah leher	10%	70%	10%	10%
2	Sakit/ kaku di bagian bahu kiri	0%	30%	70%	0%
3	Sakit/ kaku di bagian bahu kanan	0%	40%	60%	0%
4	Sakit/ kaku di bagian lengan atas kiri	0%	20%	70%	10%
5	Sakit/ kaku di bagian punggung	40%	30%	30%	0%
6	Sakit/ kaku di bagian lengan atas kanan	10%	50%	40%	0%
7	Sakit/ kaku di bagian pinggang	70%	10%	20%	0%
8	Sakit/ kaku di bagian bokong	50%	20%	30%	0%
10	Sakit/ kaku di bagian siku kiri	20%	10%	60%	10%
11	Sakit/ kaku di bagian siku kanan	20%	30%	40%	10%
12	Sakit/ kaku di bagian lengan bawah kiri	10%	10%	40%	40%
13	Sakit/ kaku di bagian lengan bawah kanan	10%	30%	30%	30%
14	Sakit/ kaku di bagian pergelangan kiri	0%	20%	60%	20%
15	Sakit/ kaku di bagian pergelangan kanan	0%	20%	50%	30%
16	Sakit/ kaku di bagian tangan kiri	10%	20%	50%	20%
17	Sakit/ kaku di bagian tangan kanan	10%	20%	50%	20%
9	Sakit/ kaku di bagian pantat	80%	10%	10%	0%
18	Sakit/ kaku di bagian paha kiri	30%	10%	60%	0%
19	Sakit/ kaku di bagian paha kanan	40%	10%	50%	0%
20	Sakit/ kaku di bagian lutut kiri	20%	30%	40%	10%
21	Sakit/ kaku di bagian lutut kanan	20%	50%	20%	10%
22	Sakit/ kaku di bagian betis kiri	0%	20%	40%	40%
23	Sakit/ kaku di bagian betis kanan	0%	60%	20%	20%
24	Sakit/ kaku di bagian pergelangan kaki kiri	50%	10%	30%	10%
25	Sakit/ kaku di bagian pergelangan kaki kanan	40%	30%	30%	0%
26	Sakit/ kaku di bagian telapak kaki kiri	40%	0%	50%	10%
27	Sakit/ kaku di bagian telapak kaki kanan	40%	10%	50%	0%

Heatmap Nordic Body Map Berdasarkan Skor Keluhan Responden



Gambar 1. 3 Heatmap Nordic Body Map Eksisting

Berdasarkan skor Nordic Body Map (NBM) dari 30 responden, teridentifikasi keluhan dengan persentase gabungan "Sakit" dan "Sangat Sakit" di atas 75% terpusat pada empat area, antara lain:

- Pergelangan Tangan Kanan (70% sakit, 10% sangat sakit)
- Pergelangan Tangan kiri (60% sakit, 20% sangat sakit)
- Lengan Bawah Kiri (40% sakit, 40% sangat sakit)
- Lengan Atas Kiri (70% sakit, 10% sangat sakit)

Keluhan-keluhan tersebut menunjukkan hubungan signifikan dengan postur tubuh pengendara. Aktivitas menggenggam dan menarik *throttle* secara berulang menyebabkan tekanan berlebih pada sendi dan otot pergelangan tangan, terutama ketika posisi setang *e-scooter* tidak ergonomis. Data menunjukkan prevalensi nyeri tertinggi di Pergelangan Tangan Kanan (70% sakit, 10% sangat sakit) yang tidak hanya disebabkan oleh aktivitas dominan tangan kanan dalam mengoperasikan *throttle*, tetapi juga karena ketinggian setang yang memaksa pergelangan tangan berada pada sudut yang tidak nyaman - terlalu rendah membuat pergelangan harus menekuk ke atas secara berlebihan, sementara terlalu tinggi memaksa pergelangan tertekuk ke bawah dalam waktu lama. Sebagai perbandingan, masalah pada Lengan Bawah Kiri (40% sakit, 40% sangat sakit) justru lebih banyak dipengaruhi oleh desain *grip handle* yang terlalu keras dan tidak menyerap getaran, dimana getaran dari permukaan jalan yang tidak rata langsung merambat melalui setang ke lengan pengendara. Posisi setang yang tidak tepat ini mengalihkan distribusi beban secara tidak merata ke Lengan Atas Kiri (70% sakit, 10% sangat sakit), dimana tubuh secara alami mengkompensasi dengan menahan beban lebih besar di sisi kiri untuk menjaga keseimbangan. Ketegangan terus-menerus pada keempat area tubuh tersebut memicu kompensasi postur dengan tubuh bagian atas condong ke depan, suatu mekanisme alami untuk mengurangi tekanan pada pergelangan tangan namun justru menciptakan beban tambahan pada punggung bagian bawah. Dengan demikian, meskipun terdapat faktor lain seperti desain *grip handle*, ketinggian setang yang tidak ergonomis tetap menjadi penyebab utama ketidaknyamanan karena mempengaruhi seluruh rantai kinerja muskuloskeletal pengendara. Pengujian lebih lanjut dilakukan dengan menggunakan RULA (*Rapid Upper Limb*

Assessment). Prosedur dalam melakukan metode ini adalah menghubungkan antara sudut yang terbentuk pada postur tubuh subjek dengan bobot. Implementasi pada pengujian *e-scooter* V1 dilakukan secara statis. Pengukuran RULA dilakukan secara statis pada lengan pengendara *e-scooter* karena postur berkendara bersifat terkunci (*static load*) dengan posisi tangan yang tetap memegang stang, sehingga lebih berisiko menyebabkan *muscle fatigue* dan *repetitive strain injury* dibanding gerakan dinamis. Pendekatan statis ini juga memungkinkan identifikasi akurat sudut sendi kritis (seperti fleksi leher atau elevasi bahu) yang berkontribusi pada skor RULA tinggi, sesuai dengan standar penilaian risiko ergonomi untuk aktivitas dengan postur tetap. Pengujian RULA dilakukan dengan memilih 3 responden representatif berdasarkan persentil antropometri (5th, 50th, dan 95th) untuk mencakup variasi postur pengendara *e-scooter*. Pemilihan ini memungkinkan analisis yang komprehensif terhadap pengaruh ketinggian setang terhadap postur berkendara, khususnya pada kelompok dengan rentang tinggi badan ekstrem (persentil 5th dan 95th) maupun rata-rata (persentil 50th). Hasil pengukuran postur melalui foto mapping dan penilaian RULA *sheet* dari ketiga persentil menunjukkan variasi signifikan dalam skor risiko ergonomi:

1. Persentil 5th (155cm)



Gambar 1. 4 Postur mapping P5 pada produk eksisting

A. Arm and Wrist Analysis

Step 1: Locate Upper Arm Position:

Step 1a: Adjust...
If shoulder is raised: +1
If upper arm is abducted: +1
If arm is supported or person is leaning: -1

1
Upper Arm Score

Step 2: Locate Lower Arm Position:

Step 2a: Adjust...
If either arm is working across midline or out to side of body: Add +1

1
Lower Arm Score

Step 3: Locate Wrist Position:

Step 3a: Adjust...
If wrist is bent from midline: Add +1

2
Wrist Twist Score

3
Wrist Score

Step 5: Look-up Posture Score in Table A:

Using values from steps 1-4 above, locate score in Table A

Step 6: Add Muscle Use Score

If posture mainly static (i.e. held > 10 minutes), Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Step 7: Add Force/Load Score

If load < 4.4 lbs. (intermittent): +0
If load 4.4 to 22 lbs. (intermittent): +1
If load 4.4 to 22 lbs. (static or repeated): +2
If more than 22 lbs. or repeated or shocks: +3

Step 8: Find Row in Table C

Add values from steps 5-7 to obtain Wrist and Arm Score. Find row in Table C.

Scores

Table A		Wrist Score			
Upper Arm	Lower Arm	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist
1	1	1	2	2	3
1	2	2	2	2	3
1	3	2	3	3	4
1	4	2	3	3	4
2	1	2	3	3	4
2	2	3	3	3	4
2	3	3	4	4	5
2	4	3	4	4	5
3	1	3	4	4	5
3	2	3	4	4	5
3	3	4	4	4	5
3	4	4	4	4	5
4	1	4	4	4	5
4	2	4	4	4	5
4	3	4	4	4	5
4	4	4	4	4	5
5	1	5	5	5	6
5	2	5	5	5	6
5	3	5	5	5	6
5	4	5	5	5	6
6	1	6	6	6	7
6	2	6	6	6	7
6	3	6	6	6	7
6	4	6	6	6	7

Table C		Neck, Trunk, Leg Score						
Wrist / Arm Score	Neck, Trunk, Leg Score	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	1	2	3	4	5	6	7
1	2	2	2	3	4	5	6	7
1	3	3	3	3	4	5	6	7
1	4	3	3	3	4	5	6	7
1	5	4	4	4	5	6	7	7
1	6	4	4	4	5	6	7	7
1	7	5	5	5	6	7	7	7
1	8+	5	5	5	6	7	7	7

Scoring: (final score from Table C)
1-2 = acceptable posture
3-4 = further investigation, change may be needed
5-6 = further investigation, change soon
7 = investigate and implement change

3
RULA Score

B. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 9: Locate Neck Position:

Step 9a: Adjust...
If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

2
Neck Score

Step 10: Locate Trunk Position:

Step 10a: Adjust...
If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

1
Trunk Score

Step 11: Legs:

If legs and feet are supported: +1
If not: +2

Table B: Trunk Posture Score		Neck Posture Score					
Neck Posture Score	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs
1	1	2	3	4	5	6	7
2	2	3	4	5	6	7	7
3	3	3	4	5	6	7	7
4	4	4	4	5	6	7	7
5	5	5	5	6	7	7	7
6	6	6	6	7	7	7	7

Step 12: Look-up Posture Score in Table B:

Using values from steps 9-11 above, locate score in Table B

Step 13: Add Muscle Use Score

If posture mainly static (i.e. held > 10 minutes), Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Step 14: Add Force/Load Score

If load < 4.4 lbs. (intermittent): +0
If load 4.4 to 22 lbs. (intermittent): +1
If load 4.4 to 22 lbs. (static or repeated): +2
If more than 22 lbs. or repeated or shocks: +3

Step 15: Find Column in Table C

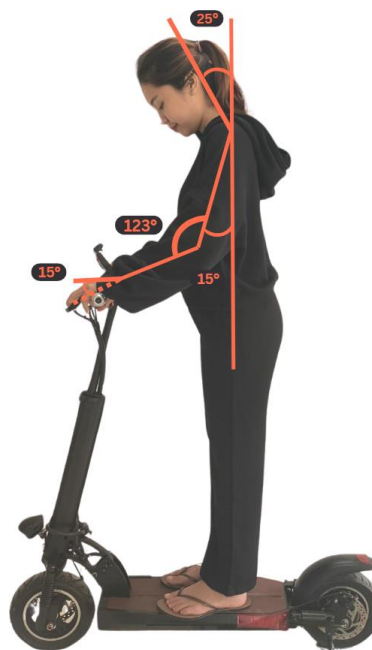
Add values from steps 12-14 to obtain Neck, Trunk and Leg Score. Find Column in Table C.

2
Posture B Score
+
1
Muscle Use Score
+
0
Force / Load Score
=
3
Neck, Trunk, Leg Score

Gambar 1. 5 RULA P5 pada produk eksisting

Pengukuran sudut postur melalui analisis gambar menghasilkan skor RULA akhir sebesar 3 yang termasuk dalam kategori risiko medium, meskipun tetap memerlukan evaluasi lebih lanjut untuk penggunaan berulang atau durasi panjang. Analisis Bagian A RULA menunjukkan postur lengan atas, lengan bawah, dan pergelangan tangan masih dalam batas toleransi. Lengan atas dengan sudut 18° memperoleh skor +1, tanpa penambahan skor untuk abduksi bahu. Lengan bawah dengan sudut 117° dalam posisi netral mendapatkan skor +1. Pergelangan tangan dengan fleksi 33° (melebihi 15°) memperoleh skor +3, ditambah skor +2 untuk rotasi telungkup. Skor postur gabungan (langkah 1-4) menghasilkan nilai 3 pada Tabel A. Dengan tambahan +1 untuk postur statis tangan dan +0 untuk beban, skor akhir Bagian A menjadi 4. Analisis Bagian B mencakup leher, batang tubuh, dan kaki. Leher dengan sudut 17° memperoleh skor +2, batang tubuh tegak skor +1, dan kaki stabil skor +1. Gabungan skor 2 pada Tabel B ditambah +1 untuk postur statis dan +0 untuk beban menghasilkan skor akhir Bagian B sebesar 3. Pada Tabel C, kombinasi skor Bagian A (4) dan Bagian B (3) menghasilkan skor RULA akhir 3. Hasil ini menunjukkan postur pengendara *e-scooter* masih dapat diterima namun memerlukan pengamatan khusus untuk penggunaan intensif atau berkepanjangan.

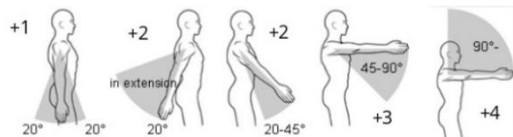
2. Persentil 50th (165cm)



Gambar 1. 6 Postur mapping P50 pada produk eksisting

A. Arm and Wrist Analysis

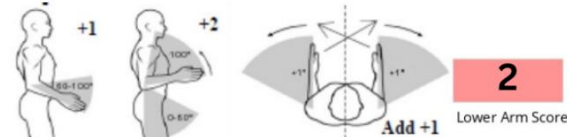
Step 1: Locate Upper Arm Position:



Step 1a: Adjust...
If shoulder is raised: +1
If upper arm is abducted: +1
If arm is supported or person is leaning: -1

1
Upper Arm Score

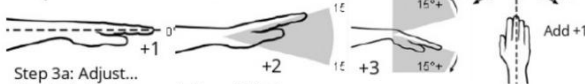
Step 2: Locate Lower Arm Position:



Step 2a: Adjust...
If either arm is working across midline or out to side of body: Add +1

2
Lower Arm Score

Step 3: Locate Wrist Position:



Step 3a: Adjust...
If wrist is bent from midline: Add +1

2
Wrist Twist Score

2
Wrist Score

Step 4: Wrist Twist:

If wrist is twisted in mid-range: +1
If wrist is at or near end of range: +2

2
Posture Score A

Step 6: Add Muscle Use Score

If posture mainly static (i.e. held > 10 minutes): +0
Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

1
Muscle Use Score

Step 7: Add Force/Load Score

If load < .4.4 lbs. (intermittent): +0
If load 4.4 to 22 lbs. (intermittent): +1
If load 4.4 to 22 lbs. (static or repeated): +2
If more than 22 lbs. or repeated or shocks: +3

0
Force / Load Score

Step 8: Find Row in Table C

Add values from steps 5-7 to obtain Wrist and Arm Score. Find row in Table C.

3
Wrist & Arm Score

Scores

Table A		Wrist Score			
Upper Arm	Lower Arm	Wrist Twist		Wrist Twist	
		1	2	3	4
1	1	1	2	2	2
	2	2	2	2	2
	3	2	3	3	3
2	1	2	3	3	3
	2	3	3	3	3
	3	3	4	4	4
3	1	3	4	4	4
	2	3	4	4	4
	3	4	4	4	4
4	1	4	4	4	4
	2	4	4	4	4
	3	4	4	4	4
5	1	5	5	5	5
	2	5	6	6	6
	3	6	6	6	6
6	1	7	7	7	7
	2	8	8	8	8
	3	9	9	9	9

Table C		Neck, Trunk, Leg Score						
Wrist / Arm Score	Posture Score A	1	2	3	4	5	6	7+
		1	1	2	3	4	5	5
4	1	2	2	3	4	4	5	5
	2	3	3	3	4	4	5	6
	3	4	4	4	4	5	6	6
5	1	4	4	4	4	5	6	7
	2	5	5	5	5	6	7	7
	3	6	6	6	6	7	7	7
6	1	5	5	5	5	6	7	7
	2	6	6	6	6	7	7	7
	3	7	7	7	7	7	7	7

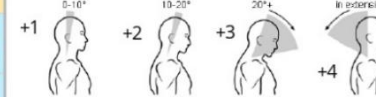
Scoring: (final score from Table C)

1-2 = acceptable posture
3-4 = further investigation, change may be needed
5-6 = further investigation, change soon
7 = investigate and implement change

4
RULA Score

B. Neck, Trunk and Leg Analysis

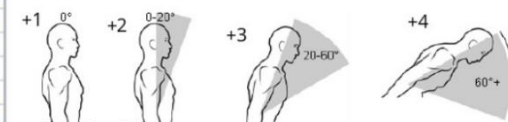
Step 9: Locate Neck Position:



Step 9a: Adjust...
If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

3
Neck Score

Step 10: Locate Trunk Position:



Step 10a: Adjust...
If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

1
Trunk Score

Step 11: Legs:

If legs and feet are supported: +1
If not: +2

1
Leg Score

		Table B: Trunk Posture Score								
		1	2	3	4	5	6			
Neck Posture Score	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs			
	1	2	1	2	1	2	1			
1	1	3	2	3	3	4	5	6	6	7
	2	2	3	2	3	4	5	5	6	7
	3	3	3	3	4	4	5	5	6	7
2	1	4	5	5	6	6	7	7	7	8
	2	5	7	7	7	8	8	8	8	8
	3	6	8	8	8	8	8	9	9	9
3	1	7	8	8	9	9	10	10	10	11
	2	8	9	9	10	10	11	11	11	12
	3	9	10	10	11	11	12	12	12	13

Step 12: Look-up Posture Score in Table B:

Using values from steps 9-11 above, locate score in Table B

3
Posture B Score

Step 13: Add Muscle Use Score

If posture mainly static (i.e. held > 10 minutes): +0
Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

1
Muscle Use Score

Step 14: Add Force/Load Score

If load < .4.4 lbs. (intermittent): +0
If load 4.4 to 22 lbs. (intermittent): +1
If load 4.4 to 22 lbs. (static or repeated): +2
If more than 22 lbs. or repeated or shocks: +3

0
Force / Load Score

Step 15: Find Column in Table C

Add values from steps 12-14 to obtain Neck, Trunk and Leg Score. Find Column in Table C.

4
Neck, Trunk, Leg Score

Gambar 1. 7 RULA P95 pada produk eksisting

Pengukuran sudut postur menghasilkan skor RULA akhir sebesar 4 yang tergolong risiko medium namun memerlukan pemantauan untuk penggunaan berulang atau berkepanjangan. Analisis Bagian A menunjukkan posisi lengan atas (15° ; skor +1), lengan bawah (123° ; skor +2), dan pergelangan tangan (fleksi 15° ; skor +2) masih dalam batas toleransi. Penambahan skor +2 untuk rotasi telungkup dan +1 untuk postur statis menghasilkan skor akhir Bagian A sebesar 3. Bagian B menganalisis leher (fleksi 25° ; skor +3), batang tubuh (tegak; skor +1), dan kaki (stabil; skor +1). Dengan penambahan +1 untuk postur statis, skor akhir Bagian B menjadi 4. Kombinasi skor Bagian A (3) dan Bagian B (4) pada Tabel C menghasilkan skor RULA akhir 4. Hasil ini mengindikasikan postur pengendara *e-scooter* masih dapat diterima namun membutuhkan evaluasi periodik, terutama untuk penggunaan intensif.

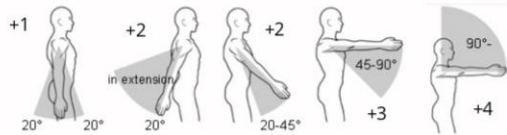
3. Persentil 95th (175cm)



Gambar 1. 8 *Postur mapping* P95 pada produk eksisting

A. Arm and Wrist Analysis

Step 1: Locate Upper Arm Position:

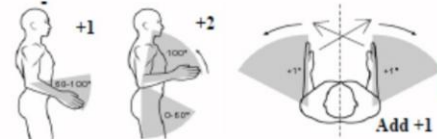


Step 1a: Adjust...
If shoulder is raised: +1
If upper arm is abducted: +1
If arm is supported or person is leaning: -1

1

Upper Arm Score

Step 2: Locate Lower Arm Position:

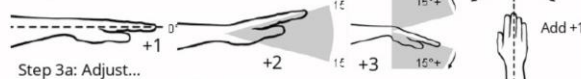


2

Lower Arm Score

Step 2a: Adjust...
If either arm is working across midline or out to side of body: Add +1

Step 3: Locate Wrist Position:



Step 3a: Adjust...
If wrist is bent from midline: Add +1

Step 4: Wrist Twist:

If wrist is twisted in mid-range: +1
If wrist is at or near end of range: +2

2

Wrist Twist Score

3

Wrist Score

Step 5: Look-up Posture Score in Table A:

Using values from steps 1-4 above, locate score in Table A

3

Posture Score A

Step 6: Add Muscle Use Score

If posture mainly static (i.e. held > 10 minutes),
Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

1

Muscle Use Score

Step 7: Add Force/Load Score

If load < .4.4 lbs. (intermittent): +0
If load 4.4 to 22 lbs. (intermittent): +1
If load 4.4 to 22 lbs. (static or repeated): +2
If more than 22 lbs. or repeated or shocks: +3

0

Force / Load Score

Step 8: Find Row in Table C

Add values from steps 5-7 to obtain
Wrist and Arm Score. Find row in Table C.

4

Wrist & Arm Score

Scores

Table A		Wrist Score					
Upper Arm	Lower Arm	Wrist		Wrist		Wrist	
		Twist	Twist	Twist	Twist	Twist	Twist
1	1	1	2	2	2	3	3
	2	2	2	2	2	3	3
	3	2	3	3	3	3	4
2	1	2	3	3	3	4	4
	2	3	3	3	3	4	4
	3	3	4	4	4	4	5
3	1	3	3	4	4	4	5
	2	3	4	4	4	4	5
	3	4	4	4	4	5	5
4	1	4	4	4	4	5	5
	2	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	5	5	6
5	1	5	5	5	5	6	7
	2	5	6	6	6	7	7
	3	6	6	6	7	7	8
6	1	7	7	7	7	8	9
	2	8	8	8	8	9	9
	3	9	9	9	9	9	9

Table C		Neck, Trunk, Leg Score						
Wrist / Arm Score	Posture Score A	1	2	3	4	5	6	7+
		1	2	3	3	4	5	5
1	1	1	2	3	3	4	5	5
	2	2	2	3	4	4	5	5
	3	3	3	3	4	4	5	6
2	1	1	2	3	4	5	6	6
	2	2	2	3	4	5	6	7
	3	3	3	3	4	5	6	7
3	1	1	2	3	4	5	6	7
	2	2	2	3	4	5	6	7
	3	3	3	3	4	5	6	7
4	1	1	2	3	4	5	6	7
	2	2	2	3	4	5	6	7
	3	3	3	3	4	5	6	7

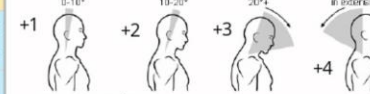
Scoring: (final score from Table C)
1-2 = acceptable posture
3-4 = further investigation, change may be needed
5-6 = further investigation, change soon
7 = investigate and implement change

4

RULA Score

B. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 9: Locate Neck Position:

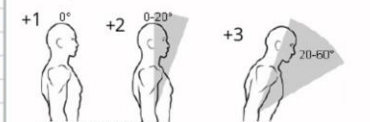


Step 9a: Adjust...
If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

3

Neck Score

Step 10: Locate Trunk Position:



Step 10a: Adjust...
If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

2

Trunk Score

Step 11: Legs:

If legs and feet are supported: +1
If not: +2

1

Leg Score

Table B: Trunk Posture Score		Neck Posture Score											
Neck Posture Score	Legs Score	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
	2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
	3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
2	1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
	2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
	3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
3	1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
	2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
	3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
	2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
	3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
5	1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
	2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
	3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
6	1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
	2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
	3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7

Step 12: Look-up Posture Score in Table B:

Using values from steps 9-11 above,
locate score in Table B

3

Posture B Score

Step 13: Add Muscle Use Score

If posture mainly static (i.e. held > 10 minutes),
Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

1

Muscle Use Score

Step 14: Add Force/Load Score

If load < .4.4 lbs. (intermittent): +0
If load 4.4 to 22 lbs. (intermittent): +1
If load 4.4 to 22 lbs. (static or repeated): +2
If more than 22 lbs. or repeated or shocks: +3

0

Force / Load Score

Step 15: Find Column in Table C

Add values from steps 12-14 to obtain
Neck, Trunk and Leg Score. Find Column in Table C.

4

Neck, Trunk, Leg Score

Gambar 1. 9 RULA chart produk eksisting

Pengukuran sudut postur melalui analisis gambar menghasilkan skor RULA akhir sebesar 4 yang termasuk dalam kategori risiko tinggi, menunjukkan perlunya perubahan segera untuk mencegah gangguan muskuloskeletal. Analisis Bagian A RULA mengidentifikasi postur kritis pada lengan atas, lengan bawah, dan pergelangan tangan. Lengan atas dengan sudut 13° memperoleh skor +1. Lengan bawah dengan sudut 136° (di luar rentang netral 100° - 120°) mendapatkan skor +2. Pergelangan tangan dengan fleksi 30° memperoleh skor +3, ditambah skor +2 untuk posisi telungkup. Kombinasi skor postur (langkah 1-4) menghasilkan nilai 3 pada Tabel A. Dengan penambahan +1 untuk postur statis dan +0 untuk beban, skor akhir Bagian A menjadi 4. Analisis Bagian B menunjukkan postur leher membungkuk 55° (skor +3), batang tubuh condong ke depan (skor +2), dan kaki stabil (skor +1). Gabungan skor 3 pada Tabel B ditambah +1 untuk postur statis dan +0 untuk beban menghasilkan skor akhir Bagian B sebesar 4. Pada Tabel C, kombinasi skor Bagian A (4) dan Bagian B (4) menghasilkan skor RULA akhir 4. Hasil ini mengindikasikan bahwa postur mengendarai *e-scooter* saat ini memerlukan evaluasi dan modifikasi segera, terutama pada penyesuaian posisi setang dan postur tubuh untuk mengurangi tekanan pada lengan dan tulang belakang.

Hasil pengujian awal menggunakan Nordic Body Map (NBM) dan Rapid Upper Limb Assessment (RULA) secara signifikan mengindikasikan adanya risiko *musculoskeletal disorder* (MSDs) pada pengguna *e-scooter* V1. Signifikansi dalam konteks ini merujuk pada dua hal antara lain, konsistensi temuan antara kedua metode, dan tingkat keluhan yang tinggi secara statistik. Data NBM menunjukkan bahwa 70% responden mengalami nyeri di pergelangan tangan kanan dan lengan atas kiri, dengan 10–20% mengeluhkan tingkat sakit yang parah. Sementara itu, skor RULA sebesar 4 (kategori risiko medium) memperkuat temuan ini dengan mengungkap postur berkendara yang kurang ergonomis, khususnya pada sudut lengan bawah dan pergelangan tangan.

Kemunculan dampak sistemik yang ditimbulkan antara lain distribusi beban yang tidak seimbang ke lengan kiri sebagai penahan utama, postur kompensasi seperti tubuh condong ke depan yang meningkatkan tekanan pada tulang belakang lumbar,

serta akumulasi tekanan berulang pada sendi pergelangan tangan saat mengoperasikan *throttle*. Keterkaitan antara Nordic Body Map (NBM) dan RULA memperjelas bahwa masalah ini bukan sekadar ketidaknyamanan sesaat, melainkan ancaman jangka panjang bagi kesehatan pengguna. Oleh sebab itu, temuan ini menjadi dasar kuat untuk melakukan redesign setang, yang diharapkan dapat mengembalikan sudut lengan ke posisi netral (100° – 120°), mengurangi fleksi pergelangan tangan di bawah 15° , dan menurunkan skor RULA ke level aman (≤ 2). Solusi ini tidak hanya bersifat reaktif, yaitu mengurangi nyeri, tetapi juga preventif dalam mencegah gangguan muskuloskeletal yang lebih serius pada pengguna intensif.

I.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah diuraikan diatas, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil dan perbandingan dari lembar Nordic Body Map dan lembar RULA produk eksisting dan usulan?
2. Bagaimana respon pengguna terhadap *redesign* setang sehingga dapat mengurangi beban fisik dan meningkatkan kenyamanan pengguna pada area tubuh bagian atas?

I.3 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan dari penulisan studi tugas akhir ini, antara lain:

1. Menganalisis pengaruh desain setang *E-scooter* V1 terhadap timbulnya keluhan pada area tubuh bagian atas, seperti bahu, lengan, dan pergelangan tangan dengan metode Nordic Body Map dan RULA.
2. Merancang solusi desain setang yang lebih ergonomis untuk mengurangi beban fisik dan meningkatkan kenyamanan pengguna.

I.4 Manfaat Tugas Akhir

1. Manfaat Teoritis
 - Memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu ergonomi, khususnya dalam konteks desain kendaraan listrik seperti *e-scooter*.

- Memperkaya literatur terkait hubungan antara desain setang dengan gangguan muskuloskeletal pada tubuh bagian atas.

2. Manfaat Praktis

- Memberikan rekomendasi desain setang yang lebih ergonomis untuk mengurangi keluhan pada bahu, lengan, dan tangan pengguna.
- Meningkatkan kenyamanan dan keamanan pengguna *e-scooter* V1, sehingga dapat mendorong penggunaan yang lebih intensif dan berkelanjutan.

3. Manfaat bagi Industri

- Memberikan masukan bagi produsen *e-scooter* dalam meningkatkan kualitas produk melalui desain yang lebih ramah pengguna.
- Meningkatkan daya saing produk di pasar dengan menawarkan solusi inovatif yang berfokus pada kesehatan dan kenyamanan pengguna.

4. Manfaat bagi Masyarakat

- Meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya desain ergonomis dalam mencegah gangguan kesehatan akibat penggunaan kendaraan listrik.
- Memberikan panduan bagi pengguna dalam memilih produk yang mendukung postur tubuh yang sehat dan aman.

I.5 Batasan dan Asumsi

1. Batasan

- Penelitian ini hanya berfokus pada area tubuh bagian atas, khususnya bahu, lengan, dan pergelangan tangan, sebagai dampak dari desain setang *e-scooter* V1.
- Studi ini tidak membahas faktor eksternal seperti kondisi jalan, kecepatan berkendara, atau lingkungan penggunaan yang mungkin memengaruhi postur pengguna. Serta pengaruh berat badan pengguna diabaikan.
- Analisis dilakukan berdasarkan data keluhan pengguna yang telah dikumpulkan dan uji biomekanik dengan metode RULA.
- Pengujian desain produk usulan (*e-scooter* V2) pada responden hanya dilakukan menggunakan kuesioner dan metode RULA secara statis.

2. Asumsi

- Desain setang yang tidak ergonomis dianggap sebagai penyebab utama keluhan pada tubuh bagian atas.
- Responden yang memberikan data keluhan dianggap mewakili populasi mahasiswa jurusan Teknik Industri di Universitas Telkom.
- Perbaikan desain setang diharapkan dapat secara signifikan mengurangi rasa ketidaknyamanan pada lengan dan risiko gangguan muskuloskeletal pada pengguna.

I.6 Sistematika Penulisan Tugas Akhir

Tugas akhir mengenai perancangan ulang setang pada *e-scooter* V1 dengan menggunakan menggunakan Nordic Body Map (NBM). Tugas akhir ini terdiri dari beberapa bab yang masing-masing berisi penjelasan mengenai seluruh aktivitas yang dilakukan selama studi berlangsung. Berikut merupakan struktur dari penulisan tugas akhir.

BAB I PENDAHULUAN

Bab pertama dari laporan studi ini memaparkan latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan dan asumsi, serta sistematika penulisan. Bagian ini memberikan gambaran umum mengenai konteks penelitian dan alasan dilakukannya studi ini, khususnya terkait permasalahan pada setang *E-scooter* V1.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab kedua berisi teori-teori yang mendukung penelitian, termasuk konsep dari metode Nordic Body Map (NBM). Tujuannya adalah untuk memberikan landasan teori yang akan digunakan sebagai dasar dalam mengoptimalkan hasil penelitian. Bagian ini juga mencakup studi literatur terkait desain ergonomis dan permasalahan yang sering dialami pengguna pada area tubuh bagian atas akibat desain setang yang kurang optimal.

BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH

Bab ketiga menjelaskan data yang dibutuhkan dan struktur dalam studi ini. Metodologi mencakup pendekatan dan langkah-langkah dalam penerapan metode Nordic Body Map, pengumpulan data yang diperlukan (seperti wawancara, observasi, dan pengukuran), serta alat pengumpulan data. Selain itu, bab ini juga membahas analisis data dan proses perancangan solusi untuk setang .

BAB IV PENYELESAIAN PERMASALAHAN

Bab keempat membahas penyelesaian masalah dan hasil dari percobaan. Proses ini meliputi identifikasi masalah, penyelesaian masalah dan analisis awal, serta penerapan metode Nordic Body Map dalam perancangan ulang setang *E-scooter* V1, pengembangan solusi dengan perhitungan antropometri, evaluasi solusi, serta uji coba prototipe sementara secara langsung dengan responden terkait.

BAB V VALIDASI, ANALISIS HASIL, DAN IMPLIKASI

Bab kelima berisi validasi, analisis penyelesaian masalah, analisis implementasi, dan implikasi dari tugas akhir. Proses ini melibatkan responden yang sebelumnya diuji pada *e-scooter* V1 untuk memberikan umpan balik terhadap desain terbaru setang berdasarkan masalah yang dihadapi. Bagian ini juga membahas dampak dari solusi yang diusulkan terhadap kenyamanan dan keamanan pengguna.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab keenam merupakan ringkasan dari hasil penelitian dan pencapaian tujuan. Bagian ini juga memberikan saran untuk rekomendasi implementasi lebih lanjut dan penelitian lanjutan. Selain itu, bab ini mencakup daftar pustaka yang merupakan referensi yang digunakan dalam penelitian, serta lampiran yang berisi dokumen pendukung.