

Analisis Risiko Ergonomi pada Aktivitas Pemupukan Manual Menggunakan *Nordic Body Map* sebagai Dasar Perancangan *Portable Soil Injector*

Intan Pratiwi¹, Harmoko^{2*}, Nasyita Vivi Amalia³, Melita Khairina⁴, Muhamad Nabilul Uwla⁵

^{1,2*,3,4,5}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Institut Teknologi dan Sains

Nahdlatul Ulama Pekalongan, Indonesia

Email: ¹pintan980@gmail.com, ^{2*}harmoko@itsnupekalongan.ac.id

Abstract

Manual fertilization activities in dryland agriculture pose a high risk of musculoskeletal disorders due to awkward stooping postures and repetitive movements, as well as causing dose inaccuracies. This study aims to analyze ergonomic risks in manual fertilization using the Nordic Body Map (NBM) method as a basis for designing a portable soil injector. The evaluation was conducted on 30 active farmer respondents. The NBM analysis results revealed an average complaint score of 78.2, categorized as high risk, with dominant complaints reported in the right hand (5.3), upper back (5.1), left hand (5.0), right wrist (5.0), and left wrist (4.9). The continuous stooping position was proven to place significant physical stress on the upper body and spine. The implications of these findings confirm the urgent need for ergonomic intervention through the design of a portable soil injector based on Human Centered Design and user anthropometric data. The tool is engineered to eliminate stooping postures, reduce repetitive motions, and provide flexible fertilizer dose adjustments according to crop requirements, thereby reducing musculoskeletal injury risks and enhancing fertilization efficiency.

Keywords: *Ergonomic Risk, Nordic Body Map, Portable Soil Injector, Human Centered Design, Musculoskeletal Disorders.*

Abstrak

Aktivitas pemupukan manual pada pertanian lahan kering berisiko tinggi menimbulkan gangguan muskuloskeletal akibat postur membungkuk dan gerakan repetitif, serta menyebabkan ketidakakuratan dosis pupuk. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis risiko ergonomi pada aktivitas pemupukan manual menggunakan metode *Nordic Body Map (NBM)* sebagai dasar perancangan alat pemupukan *portable soil injector*. Evaluasi dilakukan terhadap 30 responden petani aktif. Hasil analisis NBM menunjukkan rata-rata skor keluhan sebesar 78,2 yang tergolong dalam kategori risiko tinggi, dengan keluhan dominan berada pada tangan kanan (5,3), punggung (5,1), tangan kiri (5,0), pergelangan tangan kanan (5,0), dan pergelangan tangan kiri (4,9). Posisi kerja membungkuk yang dilakukan secara terus-menerus terbukti memberikan beban fisik signifikan pada bagian tubuh atas dan tulang belakang. Implikasi dari temuan ini mengonfirmasi kebutuhan intervensi ergonomi mendesak melalui perancangan *portable soil injector* berbasis *Human Centered Design* dan data antropometri pengguna. Alat ini dirancang untuk mengeliminasi postur membungkuk, mengurangi gerakan repetitif, serta memberikan fleksibilitas pengaturan dosis pupuk sesuai kebutuhan tanaman, sehingga mampu menurunkan risiko cedera muskuloskeletal dan meningkatkan efisiensi pemupukan.

Kata Kunci: *Human Centered Design, Keluhan Muskuloskeletal, Nordic Body Map, Portable Soil Injector, Risiko Ergonomi.*

1. PENDAHULUAN

Pertanian lahan kering memegang peran vital dalam skenario ketahanan pangan nasional menuju Indonesia Emas 2045, khususnya untuk komoditas strategis seperti

jagung dan kedelai. Namun, realitasnya di lapangan menunjukkan ketimpangan besar antara target produktivitas dengan kondisi kerja petani. Mayoritas aktivitas budidaya di wilayah ini masih bergantung pada metode manual yang membutuhkan aktivitas fisik berat (rasetyo, H., & Sutopo, 2021). Metode ini memiliki beberapa kelemahan yaitu aktivitas pertanian yang melibatkan kegiatan membungkuk dan dilakukan secara berulang menyebabkan meningkatnya risiko *Low Back Pain* (LBP) hingga 3-4 kali lipat dibandingkan dengan postur yang tegak (Lee et al., 2021) serta penurunan kecepatan kerja yang signifikan. Postur kerja yang tegak, gerakan berulang dan material manual *handling* mempengaruhi terjadinya *Musculoskeletal Disorders* kepada para pekerja sektor pertanian (Maulana et al., 2021). Masalah ini diperparah oleh desain alat kerja konvensional yang tidak memperhatikan keberagaman antropometri petani lokal (Nugroho, A., & Wibowo, 2023). Dalam satu tahun, petani dapat menanam jagung, kedelai atau sayuran (Sudarwati, L., & Nasution, 2024), yang membutuhkan dosis pemupukan berbeda. Jagung membutuhkan dosis pupuk NPK sekitar 9 gram per lubang (Siahaan et al., 2022) dan penggunaan pupuk urea 150 kg/ha serta NPK 450 kg/ha (Aji, Himawan Bayu; Suwitono, B.; Hidayat, Y.; Lala, 2021). Kedelai atau kacang hijau hanya membutuhkan 6 gram per lubang (Harahap et al., 2025). Pemberian pupuk dengan “genggaman tangan”. Inakurasi dosis, dimana takaran tangan sangat subjektif. Akibatnya, sering terjadi kelebihan dosis yang menyebabkan kerugian 20%-30% per musim tanam (Shivakumar et al., 2024). Alat pemupukan mekanis yang ada di pasaran umumnya didesain dengan dosis tetap (*fixed dose*), sehingga jika petani berganti tanaman, alat tersebut tidak dapat dipakai.

Urgensi penelitian ini mendesak dilaksanakan mengingat krisis regenerasi petani, risiko cedera fisik membuat profesi ini tidak diminati generasi muda dan memicu kelangkaan tenaga kerja (R. Wang et al., 2025). Mengabaikan prinsip biomekanika dalam bekerja hanya akan melemahkan posisi tawar produk pangan lokal serta menambah beban finansial masyarakat desa akibat hilangnya produktivitas fisik dalam jangka panjang. Kemandirian teknologi, sehingga tidak memiliki ketergantungan pada alat impor yang tidak ergonomis menghambat kedaulatan sarana produksi pertanian.

Strategi riset ini menggunakan pendekatan rekayasa sistematis berbasis *Human Centered Design* (Watti et al., 2025). Keluhan fisik petani digali mendalam menggunakan instrumen *Nordic Body Map* (NBM). Mengukur dimensi tubuh petani lokal untuk memastikan alat yang dibuat *custom fit*. Data ini krusial karena variabilitas antropometri petani Indonesia berbeda signifikan dengan standar alat impor (Wibowo, 2025). Pendekatan *Human Centered Design* dalam penelitian ini tidak hanya digunakan untuk mengidentifikasi keluhan pengguna, tetapi juga untuk menerjemahkan kebutuhan dan karakteristik petani ke dalam spesifikasi teknis alat. Hasil identifikasi keluhan melalui *Nordic Body Map* menjadi dasar untuk menentukan bagian tubuh yang perlu diminimalkan bebannya selama proses pemupukan. Sementara itu, data antropometri digunakan untuk menentukan dimensi dan konfigurasi alat agar dapat digunakan dengan postur kerja yang lebih sesuai dengan karakteristik tubuh pengguna. Dengan demikian, rancangan alat tidak hanya berorientasi pada fungsi pemupukan, tetapi juga mempertimbangkan aspek kenyamanan, keamanan, dan kesesuaian alat dengan pengguna.

Berdasarkan hasil observasi awal, aktivitas pemupukan manual menunjukkan adanya keluhan pada berbagai bagian tubuh petani akibat posisi membungkuk dan gerakan tangan yang dilakukan secara berulang. Keluhan ditemukan pada beberapa bagian tubuh, antara lain leher atas, bahu kiri dan kanan, punggung, pinggang, siku kanan, pergelangan tangan, serta tangan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa perbaikan aktivitas pemupukan perlu diarahkan pada pengurangan beban postur tubuh sekaligus pengurangan gerakan repetitif pada anggota tubuh bagian atas (Mahendra et al., 2025).

Permasalahan tersebut menunjukkan adanya kebutuhan terhadap alat pemupukan yang tidak hanya mampu memberikan pupuk secara lebih terkontrol, tetapi juga dapat menyesuaikan kebutuhan pengguna dan jenis tanaman. *Portable soil injector* dirancang sebagai alternatif alat bantu yang memungkinkan proses pemupukan dilakukan dengan mekanisme yang lebih terarah dibandingkan metode penaburan menggunakan tangan. Konsep *portable* juga memberikan fleksibilitas bagi petani yang mengelola berbagai jenis tanaman pada lahan yang sama maupun pada musim tanam yang berbeda (Wirabuana et al., 2025). Dengan pendekatan tersebut, alat diharapkan mampu menjawab dua permasalahan utama, yaitu aspek ergonomi pengguna dan kebutuhan fleksibilitas dalam aktivitas pemupukan.

Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi aspek ergonomi pengguna, kebutuhan pemupukan, dan karakteristik penggunaan alat dalam satu rancangan *portable soil injector*. Berbeda dengan pendekatan yang hanya berfokus pada mekanisme penyaluran pupuk, penelitian ini menempatkan petani sebagai pusat proses perancangan (Ansar, Murad, Sukmawaty, Fakhru Irfan Khalil, 2021). Identifikasi keluhan muskuloskeletal melalui NBM dan pengukuran antropometri digunakan sebagai dasar dalam menentukan rancangan alat sehingga spesifikasi yang dihasilkan diharapkan lebih sesuai dengan karakteristik pengguna (Unegbu & Yawasa, 2025). Pendekatan tersebut memungkinkan proses pengembangan alat dilakukan berdasarkan permasalahan aktual yang ditemukan pada aktivitas pemupukan manual.

Integrasi antara NBM dan antropometri juga menjadi bagian penting dalam memastikan bahwa inovasi yang dihasilkan tidak hanya berfungsi secara teknis, tetapi dapat diterima dan digunakan secara nyaman oleh petani. Hasil NBM digunakan untuk menentukan bagian tubuh yang perlu mendapatkan perhatian dalam desain, sedangkan data antropometri digunakan untuk menentukan ukuran dan posisi komponen alat [18]. Selanjutnya, kebutuhan terhadap fleksibilitas dosis pupuk menjadi pertimbangan dalam pengembangan mekanisme alat agar dapat digunakan pada berbagai komoditas dengan kebutuhan pupuk yang berbeda. Pendekatan ini diharapkan dapat menghasilkan rancangan yang lebih adaptif terhadap kondisi kerja petani di lahan kering.

Dengan demikian, penelitian ini diarahkan pada pengembangan *portable soil injector* berbasis *Human Centered Design* yang mempertimbangkan risiko ergonomi, karakteristik antropometri pengguna, serta kebutuhan fleksibilitas dalam pemberian pupuk. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi tepat guna sektor pertanian yang berorientasi pada pengguna, khususnya dalam mengurangi risiko keluhan muskuloskeletal dan meningkatkan kemudahan aktivitas pemupukan.

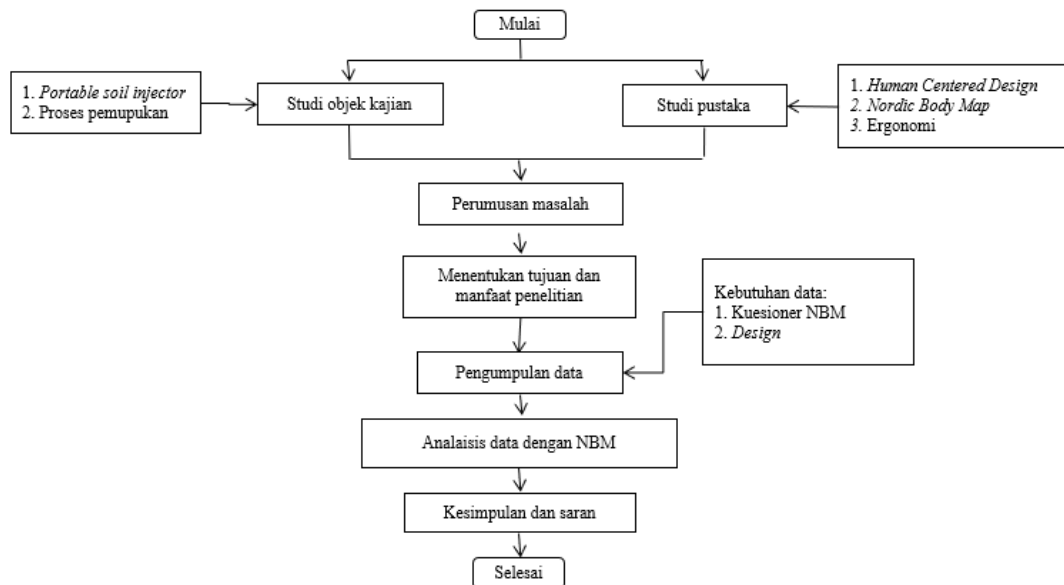
Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis risiko ergonomi pada aktivitas pemupukan manual menggunakan metode *Nordic Body Map*, mengidentifikasi karakteristik antropometri pengguna sebagai dasar penentuan dimensi alat, serta merancang *portable soil injector* yang sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik petani. Hasil penelitian diharapkan menjadi dasar pengembangan alat pemupukan yang ergonomis, fleksibel, dan sesuai dengan kondisi pengguna sehingga dapat mendukung peningkatan efektivitas aktivitas pemupukan sekaligus mengurangi beban fisik petani.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dilakukan dengan beberapa tahapan, secara rinci dapat dilihat pada Gambar 1. Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan yang sistematis,

mulai dari studi pendahuluan hingga penyusunan kesimpulan dan saran. Tahapan penelitian disusun untuk memastikan bahwa proses identifikasi permasalahan, pengumpulan data, analisis, hingga perancangan solusi dapat dilakukan secara terarah dan sesuai dengan tujuan penelitian.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

2.1.1 Studi Objek Kajian

Tahap awal penelitian dilakukan dengan melakukan studi terhadap objek kajian, yaitu *portable soil injector* dan proses pemupukan. Studi objek kajian bertujuan untuk memperoleh gambaran secara langsung mengenai kondisi aktual proses pemupukan, aktivitas kerja yang dilakukan oleh operator atau petani, serta permasalahan yang muncul selama proses tersebut. Pengamatan difokuskan pada aktivitas kerja, postur tubuh, penggunaan alat, serta kondisi kerja yang berpotensi menimbulkan ketidaknyamanan atau keluhan fisik.

2.1.2 Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan untuk memperoleh landasan teori yang relevan dengan penelitian. Literatur yang digunakan mencakup konsep *Human Centered Design (HCD)*, *Nordic Body Map (NBM)*, dan ergonomi. *Human Centered Design* digunakan sebagai pendekatan dalam memahami kebutuhan dan kondisi pengguna sebagai dasar perancangan, sedangkan *Nordic Body Map* digunakan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi keluhan muskuloskeletal yang dirasakan oleh pengguna. Teori ergonomi digunakan sebagai dasar dalam menganalisis kesesuaian antara manusia, alat, dan lingkungan kerja.

2.1.3 Perumusan Masalah

Berdasarkan hasil studi objek kajian dan studi pustaka, selanjutnya dilakukan perumusan masalah penelitian. Tahap ini bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan utama yang terjadi pada proses pemupukan menggunakan *portable soil injector*, khususnya yang berkaitan dengan aspek ergonomi dan keluhan fisik pengguna. Permasalahan yang telah dirumuskan kemudian menjadi dasar dalam menentukan arah penelitian dan solusi yang akan dikembangkan.

2.1.4 Menentukan Tujuan dan Manfaat Penelitian

Setelah permasalahan dirumuskan, tahap berikutnya adalah menentukan tujuan dan manfaat penelitian. Tujuan penelitian disusun berdasarkan permasalahan yang telah

diidentifikasi, sehingga penelitian memiliki arah yang jelas. Secara umum, penelitian diarahkan untuk mengidentifikasi tingkat keluhan fisik pengguna pada aktivitas pemupukan serta menghasilkan rancangan atau perbaikan *portable soil injector* yang lebih sesuai dengan kebutuhan dan kondisi pengguna berdasarkan prinsip ergonomi dan pendekatan *Human Centered Design*.

2.1.5 Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh data primer yang dibutuhkan dalam proses analisis dan perancangan. Data diperoleh melalui penyebaran kuesioner *Nordic Body Map (NBM)* kepada pengguna yang melakukan aktivitas pemupukan. Kuesioner NBM digunakan untuk mengetahui bagian tubuh yang mengalami keluhan selama atau setelah melakukan aktivitas pemupukan. Selain itu, dilakukan pengumpulan data terkait kebutuhan pengguna yang akan digunakan sebagai dasar dalam proses perancangan (*design*) *portable soil injector*. Data hasil pengumpulan kemudian menjadi input untuk tahap analisis berikutnya.

2.1.6 Analisis Data dengan *Nordic Body Map (NBM)*

Data yang diperoleh dari kuesioner NBM selanjutnya diolah dan dianalisis untuk mengetahui tingkat serta distribusi keluhan muskuloskeletal pada pengguna. Analisis dilakukan dengan mengidentifikasi bagian tubuh yang mengalami keluhan dan tingkat rasa sakit atau ketidaknyamanan yang dirasakan. Hasil analisis NBM digunakan untuk menentukan permasalahan ergonomi yang paling dominan pada aktivitas pemupukan. Temuan tersebut selanjutnya menjadi dasar dalam menentukan aspek-aspek yang perlu diperhatikan dalam pengembangan desain *portable soil injector*.

2.1.7 Kesimpulan dan Saran

Tahap akhir penelitian adalah penyusunan kesimpulan dan saran. Kesimpulan disusun berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data untuk menjawab tujuan penelitian yang telah ditetapkan. Kesimpulan mencakup kondisi keluhan fisik pengguna serta hasil identifikasi aspek ergonomi yang perlu diperbaiki pada *portable soil injector*. Selanjutnya, saran diberikan sebagai rekomendasi untuk pengembangan atau penyempurnaan rancangan alat serta sebagai masukan bagi penelitian selanjutnya. Dengan demikian, seluruh tahapan penelitian dilakukan secara berurutan mulai dari identifikasi kondisi aktual, kajian teori, perumusan masalah, penetapan tujuan, pengumpulan data, analisis keluhan menggunakan *Nordic Body Map*, hingga penyusunan kesimpulan dan saran. Rangkaian tahapan tersebut diharapkan dapat menghasilkan dasar perancangan *portable soil injector* yang lebih ergonomis dan sesuai dengan kebutuhan pengguna.

2.2 Kuesioner *Nordic Body Map (NBM)*

Tahap ini merupakan tahap awal dengan cara mengidentifikasi keluhan fisik petani, data yang diambil berupa kuesioner *Nordic Body Map (NBM)* yang akan disebarakan kepada 30 responden petani aktif. Gambar 2 dan 3 merupakan kuesioner *Nordic Body Map (NBM)*.

No	Jenis Keluhan	Tidak Sakit	Agak Sakit	Sakit	Sakit Sekali
0	Sakit kaku bagian leher atas				
1	Sakit kaku bagian leher bawah				
2	Sakit di bahu kiri				
3	Sakit di bahu kanan				
4	Sakit lengan atas kiri				
5	Sakit punggung				
6	Sakit lengan atas kanan				
7	Sakit pada pinggang				
8	Sakit pada pantat				
9	Sakit pada bagian bawah pantat				
10	Sakit pada siku kiri				

Gambar 2. Kuesioner *Nordic Body Map (NBM)*

No	Jenis Keluhan	Tidak Sakit	Agak Sakit	Sakit	Sakit Sekali
10	Sakit pada siku kiri				
11	Sakit pada siku kanan				
12	Sakit lengan bawah kiri				
13	Sakit lengan bawah kanan				
14	Sakit pergelangan tangan kiri				
15	Sakit pergelangan tangan kanan				
16	Sakit pada tangan kiri				
17	Sakit pada tangan kanan				
18	Sakit pada paha kiri				
19	Sakit pada paha kanan				
20	Sakit pada lutut kiri				
21	Sakit pada lutut kanan				
22	Sakit pada betis kiri				
23	Sakit pada betis kanan				
24	Sakit pada pergelangan kaki kiri				
25	Sakit pada pergelangan kaki kanan				
26	Sakit pada kaki kiri				
27	Sakit pada kaki kanan				

Gambar 3. Kuesioner *Nordic Body Map (NBM)* (lanjutan)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil observasi kondisi dan lingkungan pertanian

Observasi awal dilakukan di lahan pertanian sekitar bulan November 2025 sampai Januari 2026. Lahan yang diamati merupakan lahan kering yang ditanami berbagai macam tanaman seperti jagung, cabai, tembakau, kubis, brokoli, selada, kacang merah dan sebagainya. Proses pemupukan selama ini dilakukan secara manual dengan cara menabur pupuk menggunakan tangan atau caduk kecil sambil membungkuk di sepanjang barisan tanaman. Petani menyampaikan keluhan berupa nyeri pada bagian pinggang dan punggung akibat posisi membungkuk berulang, serta kelelahan pada tangan akibat gerakan menabur pupuk yang dilakukan secara terus-menerus. Berdasarkan hasil observasi, diketahui bahwa proses pemupukan manual yang dilakukan petani berisiko menimbulkan gangguan muskuloskeletal akibat postur kerja yang tidak ergonomis, sehingga diperlukan alat bantu pemupukan yang dapat memperbaiki postur kerja sekaligus mempercepat proses pemupukan. Gambar 4 merupakan tabel profil responden petani.

No	Karakteristik Responden	Kategori
1	Jenis Kelamin	Laki-laki
		Perempuan
2	Usia	< 30 tahun
		30-39 tahun
		≥ 50 tahun
3	Lama bekerja	< 5 tahun
		5-10 tahun
		> 10 tahun

Gambar 4. Profil Responden

3.2. Hasil eksplorasi ergonomi dan data pengguna

3.2.1 Hasil kuesioner *Nordic Body Map (NBM)*

Gambar 5 menunjukkan klasifikasi tingkat risiko berdasarkan *range score*, mulai dari rendah hingga sangat tinggi, beserta tindakan penanganan yang diperlukan.

Range Score	Tingkat Risiko	Keterangan
28-49	Rendah	Belum memerlukan perbaikan
50-70	Sedang	Mungkin memerlukan perbaikan dikemudian hari
71-91	Tinggi	memerlukan sebah tindakan/usaha segera
92-112	Sangat Tinggi	Memerlukan sebuah tindakan/usaha menyeluruh secepat mungkin

Gambar 5 Tabel Kategori Tingkat Risiko

Sumber : (Teguh et al., 2024)

Hasil pada Gambar 6 menjelaskan bahwa terdapat sepuluh jenis keluhan yang termasuk kedalam kategori sangat tinggi, sembilan jenis keluhan termasuk dalam kategori tinggi, tujuh jenis segmen kategori rendah, dua jenis keluhan sedang. Perhitungan tersebut menunjukkan bahwa jenis keluhan pada pemupukan secara manual memiliki kategori tinggi, sehingga perlu dilakukan perbaikan postur dengan perancangan alat inovasi *portable soil injector* untuk mengurangi jenis keluhan yang ada pada bagian tubuh petani.

No	Jenis Keluhan/Segmen Tubuh	Score	Kategori
0	Sakit kaku bagian leher atas	104	Sangat Tinggi
1	Sakit kaku bagian leher bawah	80	Tinggi
2	Sakit di bahu kiri	103	Sangat Tinggi
3	Sakit di bahu kanan	103	Sangat Tinggi
4	Sakit lengan atas kiri	78	Tinggi
5	Sakit punggung	111	Sangat Tinggi
6	Sakit lengan atas kanan	82	Tinggi
7	Sakit pada pinggang	103	Sangat Tinggi
8	Sakit pada pantat	40	Rendah
9	Sakit pada bagian bawah pantat	39	Rendah
10	Sakit pada siku kiri	43	Rendah
11	Sakit pada siku kanan	100	Sangat Tinggi
12	Sakit lengan bawah kiri	80	Tinggi
13	Sakit lengan bawah kanan	81	Tinggi
14	Sakit pergelangan tangan kiri	107	Sangat Tinggi
15	Sakit pergelangan tangan kanan	109	Sangat Tinggi
16	Sakit pada tangan kiri	110	Sangat Tinggi
17	Sakit pada tangan kanan	115	Sangat Tinggi
18	Sakit pada paha kiri	78	Tinggi
19	Sakit pada paha kanan	77	Tinggi
20	Sakit pada lutut kiri	63	Sedang
21	Sakit pada lutut kanan	63	Sedang
22	Sakit pada betis kiri	47	Rendah
23	Sakit pada betis kanan	48	Rendah
24	Sakit pada pergelangan kaki kiri	36	Rendah
25	Sakit pada pergelangan kaki kanan	35	Rendah
26	Sakit pada kaki kiri	77	Tinggi
27	Sakit pada kaki kanan	77	Tinggi
Rata-rata		78,2	Tinggi

Gambar 6 Hasil Kuesioner NBM
 Sumber : data diolah, 2026

Pengukuran keluhan muskuloskeletal dilakukan menggunakan metode *Nordic Body Map (NBM)*. Berdasarkan klasifikasi tingkat risiko yang digunakan, skor 28–49 termasuk kategori rendah, skor 50–70 termasuk kategori sedang, skor 71–91 termasuk kategori tinggi, sedangkan skor 92–112 termasuk kategori sangat tinggi. Kategori rendah menunjukkan bahwa belum diperlukan perbaikan, kategori sedang menunjukkan kemungkinan diperlukan perbaikan di kemudian hari, kategori tinggi memerlukan tindakan atau usaha segera, sedangkan kategori sangat tinggi memerlukan tindakan atau usaha secara menyeluruh secepat mungkin.

Hasil pengukuran NBM menunjukkan adanya keluhan pada hampir seluruh segmen tubuh petani. Dari 28 segmen tubuh yang diidentifikasi, terdapat 10 jenis keluhan yang berada pada kategori sangat tinggi, 9 jenis keluhan berada pada kategori tinggi, 7 jenis keluhan berada pada kategori rendah, dan 2 jenis keluhan berada pada kategori sedang.

Secara keseluruhan, nilai rata-rata NBM adalah 78,2 dengan rata-rata skor 3,6 sehingga termasuk dalam kategori risiko tinggi. Keluhan dengan nilai tertinggi terdapat pada bagian tangan kanan dengan jumlah keluhan sebesar 115 dan rata-rata 5,3. Selanjutnya, keluhan pada punggung memiliki jumlah 111 dengan rata-rata 5,1, sedangkan tangan kiri dan pergelangan tangan kanan masing-masing memiliki rata-rata sebesar 5,0. Pergelangan tangan kiri memiliki rata-rata 4,9 dengan jumlah keluhan 107. Data tersebut menunjukkan bahwa aktivitas pemupukan manual memberikan beban yang cukup besar pada anggota tubuh yang terlibat langsung dalam aktivitas penaburan pupuk.

Keluhan pada bagian leher, bahu, siku, lengan, pinggang, dan paha juga menunjukkan tingkat risiko yang perlu diperhatikan. Bagian leher atas memiliki nilai 4,8 dan termasuk kategori sangat tinggi, sedangkan bahu kiri dan bahu kanan masing-masing memiliki nilai 4,7. Pinggang juga menunjukkan nilai rata-rata 4,7 dan termasuk kategori sangat tinggi. Sementara itu, leher bawah, lengan atas, lengan bawah, paha, dan kaki sebagian besar berada pada kategori tinggi.

Adapun keluhan dengan kategori rendah ditemukan pada bagian pantat, bagian bawah pantat, siku kiri, betis, dan pergelangan kaki. Bagian lutut kiri dan kanan berada pada kategori sedang dengan nilai rata-rata masing-masing 2,9. Dengan demikian, tidak seluruh bagian tubuh mengalami tingkat keluhan yang sama. Keluhan paling dominan cenderung terjadi pada bagian tubuh yang berkaitan langsung dengan aktivitas membungkuk, mempertahankan postur kerja, serta melakukan gerakan penaburan pupuk secara berulang.

3.3 Pembahasan Tingkat Risiko Ergonomi

Hasil NBM dengan rata-rata skor 78,2 menunjukkan bahwa aktivitas pemupukan manual berada pada kategori risiko tinggi. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa aktivitas kerja yang dilakukan petani belum memenuhi prinsip ergonomi secara optimal dan memerlukan tindakan perbaikan. Hal ini sejalan dengan hasil observasi lapangan yang menunjukkan bahwa petani melakukan pemupukan dalam posisi membungkuk dan menggunakan tangan atau caduk kecil untuk menaburkan pupuk secara berulang. Tingginya keluhan pada bagian punggung dan pinggang dapat dikaitkan dengan posisi membungkuk yang dilakukan selama proses pemupukan. Posisi tersebut menyebabkan bagian tubuh tertentu menerima beban secara terus-menerus sehingga dapat memicu munculnya rasa sakit dan ketidaknyamanan. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa punggung memiliki nilai rata-rata 5,1 dan pinggang memiliki nilai 4,7, keduanya termasuk kategori sangat tinggi. Temuan ini memperkuat hasil observasi bahwa keluhan utama petani berkaitan dengan posisi kerja membungkuk.

Selain bagian punggung dan pinggang, keluhan yang tinggi juga ditemukan pada tangan dan pergelangan tangan. Tangan kanan memperoleh rata-rata tertinggi sebesar 5,3, sedangkan tangan kiri dan pergelangan tangan kanan masing-masing mencapai 5,0. Tingginya keluhan pada bagian tersebut dapat menunjukkan adanya beban akibat aktivitas menaburkan pupuk secara terus-menerus. Dengan demikian, permasalahan ergonomi pada proses pemupukan tidak hanya berkaitan dengan postur tubuh, tetapi juga dengan aktivitas repetitif pada anggota tubuh bagian atas. Hasil tersebut menjadi dasar perlunya perbaikan pada proses pemupukan melalui perancangan alat bantu. Dalam penelitian ini, alternatif yang diarahkan adalah perancangan *portable soil injector*. Alat tersebut diharapkan dapat membantu mengurangi aktivitas pemupukan yang dilakukan secara manual, khususnya aktivitas yang mengharuskan petani membungkuk dan melakukan gerakan penaburan pupuk secara berulang. Berdasarkan hasil NBM, kebutuhan terhadap alat bantu tersebut menjadi semakin relevan karena tingkat risiko keseluruhan berada pada kategori tinggi.

3.4 Implikasi Hasil NBM terhadap Perancangan *Portable Soil Injector*

Hasil identifikasi keluhan menggunakan NBM memberikan informasi mengenai bagian tubuh yang perlu menjadi perhatian dalam perancangan alat. Keluhan yang dominan pada punggung, pinggang, leher, bahu, tangan, dan pergelangan tangan menunjukkan bahwa desain alat perlu mempertimbangkan postur kerja dan beban aktivitas pada anggota tubuh tersebut. Perancangan *portable soil injector* perlu diarahkan untuk memungkinkan proses pemupukan dilakukan dengan postur yang lebih baik dibandingkan metode manual. Dengan mengurangi kebutuhan petani untuk membungkuk secara berulang serta mengurangi aktivitas menaburkan pupuk menggunakan tangan, alat diharapkan dapat mengurangi beban pada punggung, pinggang, tangan, dan pergelangan tangan.

Dengan demikian, hasil pengukuran NBM tidak hanya berfungsi untuk mengidentifikasi tingkat keluhan muskuloskeletal, tetapi juga menjadi dasar dalam menentukan kebutuhan perbaikan metode kerja dan spesifikasi ergonomis alat yang akan dirancang. Nilai rata-rata NBM sebesar 78,2 yang termasuk kategori tinggi menunjukkan bahwa intervensi ergonomi perlu dilakukan melalui tindakan perbaikan yang sesuai dengan karakteristik aktivitas pemupukan petani.

4. KESIMPULAN

Hasil NBM menunjukkan rata-rata skor sebesar 78,2 dengan kategori risiko tinggi. Keluhan tertinggi terdapat pada tangan kanan, punggung, tangan kiri, pergelangan tangan kanan, dan pergelangan tangan kiri. Sementara itu, keluhan pada punggung dan pinggang memperkuat temuan observasi mengenai dampak posisi membungkuk selama aktivitas pemupukan. Kondisi tersebut menunjukkan adanya kebutuhan terhadap tindakan perbaikan ergonomi. Berdasarkan data tersebut tersebut, perancangan *portable soil injector* (alat pemupukan) menjadi salah satu alternatif intervensi yang dapat digunakan untuk memperbaiki aktivitas pemupukan. Perancangan alat selanjutnya perlu mempertimbangkan hasil identifikasi NBM sebagai dasar untuk menentukan aspek ergonomis, terutama dalam mengurangi posisi membungkuk, gerakan repetitif tangan, serta beban pada punggung, pinggang, bahu, dan pergelangan tangan. Dengan demikian, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar dalam pengembangan alat pemupukan yang lebih ergonomis dan sesuai dengan kebutuhan pengguna.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRTPM), Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi Republik Indonesia atas dukungan pendanaan yang diberikan melalui Program Penelitian Dosen Pemula (PDP), sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada ITSNU Pekalongan, tim penelitian, serta seluruh pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan kontribusi selama proses pelaksanaan penelitian hingga penyusunan artikel ilmiah ini. Dukungan dan kerja sama yang diberikan sangat berarti dalam mendukung keberhasilan penelitian dan pengembangan inovasi teknologi yang dihasilkan.

6. REFERENCES

Aji, Himawan Bayu;Suwitono, B;Hidayat, Y;Lala, F. (2021). Optimalisasi Hasil Jagung melalui Pemupukan dan Penggunaan Varietas Unggul pada Lahan Kering di Bawah Tegakan Kelapa. *Jurnal*

- Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. <https://doi.org/DOI: 10.21082/jpptp.v5n1.2021.p37-46>
- Ansar, Murad, Sukmawaty, Fakhrul Irfan Khalil, A. U. (2021). *Desain Dan Uji Kinerja Alat Tanam Biji Jagung Siste*. 9(1), 48–56. <https://doi.org/10.29303/jrpb.v9i1.214>
- Harahap, A. S., Andayani, N., & Rahayu, E. (2025). Pengaruh Dosis Rhizobium dan Pupuk P terhadap Hasil Tanaman Kacang Hijau (*Vigna radiata*). *AGROFORETECH*, 3(2), 946–951.
- Lee, H. J., Oh, J.-H., Yoo, J. R., Ko, S. Y., Kang, J. H., Lee, S. K., Jeong, W., Seong, G. M., Kang, C. H., & Song, S. W. (2021). Prevalence of Low Back Pain and Associated Risk Factors among Farmers in Jeju. *Safety and Health at Work*, 12(4), 432–438. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.shaw.2021.06.003>
- Mahendra, M., Muhammad, N., Ghazali, A., & Lubis, M. (2025). *Penerapan Voice of Customer dalam Meningkatkan Efektivitas Customer Relationship Management : Studi Kasus Tokopedia dan Gojek Telkom University , Indonesia Salah satu pendekatan yang kini mendapat perhatian besar dalam memperkuat CRM implementasi CRM yang*.
- Maulana, S. A., Jayanti, S., Kurniawan, B., Studi, P., Ilmu, S., Masyarakat, K., Semarang, U. D., Prof, J., No, S., Semarang, K., & Tengah, J. (2021). *Analisis Faktor Risiko Musculoskeletal Disorders (Msds) Sektor Pertanian: Literature Review*. 21, 134–145.
- Nugroho, A., & Wibowo, A. (2023). User-Centered Design Approach for Agricultural Hand Tools in Developing Countries. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 93.
- R. Wang, Lu, Z., Wang, Y., & Li, Z. (2025). The Design and Analysis of a Lightweight Robotic Arm Based on a Load-Adaptive Hoisting Mechanism. *Actuators*, 14(2), 71. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/act14020071>
- rasetyo, H., & Sutopo, W. (2021). Industrial Engineering Roles in Industry 4.0: A Systematic Literature Review. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 14(2), 290–305.
- Shivakumar, M., Welsh, V., Bajpai, R., Helliwell, T., Mallen, C., Robinson, M., & Shepherd, T. (2024). Musculoskeletal Disorders and Pain in Agricultural Workers in Low- and Middle-Income Countries: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Rheumatology International*, 44(2), 235–247. <https://doi.org/10.1007/s00296-023-05500-5>.
- Siahaan, M., H. Gunawan, A., & D. A. Siregar. (2022). Penanaman Jagung (*Zea mays*) pada Beberapa Jarak Tanam dan Dosis Pupuk NPK untuk Optimalisasi Lahan di TBM Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq). *Jurnal Agro Estate*, 6(2), 59–65. <https://doi.org/https://doi: 10.47199/jae.v6i2.105>
- Sudarwati, L., & Nasution, N. . (2024). Upaya Pemerintah dan Teknologi Pertanian dalam Meningkatkan Kesejahteraan Petani. *Jurnal Kajian Agraria Dan Kedaulatan Pangan*, 3(1), 1–8. <https://doi.org/https://doi.org/10.32734/jkakup.v3i1.15847>
- Teguh, R., Priangkoso, A., Permata, N., Putri, S., Wardhana, D. H., Andriansyah, F., Marino, A., Setyandi, F., Rosyidiin, A. F., Industri, T., Teknik, F., Kerja, P., Upper, R., & Assessment, L. (2024). *Pengukuran keluhan musculoskeletal pada pekerja kontraktor menggunakan metode nbm dan rula*. 12(1), 71–80.
- Unegbu, H., & Yawasa, D. S. (2025). *Ergonomic Redesign of Farm Tools to Reduce Musculoskeletal Disorders among Nigerian Farmers*. 14(6), 2297–2315.
- Watti, A. N., Dellia, P., Mutiara, P. A., Abidin, Z., & Maharani, W. M. (2025). Implementasi Human Centered Design Dalam Perancangan User Interface Sistem Informasi Akademik Siswa Berbasis Web Di Smkn 1 Kamal. *JATI*, 9(4), 7018–7025.
- Wibowo, R. K. K. S. M. S. (2025). Anthropometric Dimensions, Hand and Isometric Strength of Farmers in the East Java, Indonesia. *International Agricultural Engineering Journal*, 22(2), 54–64.
- Wirabuana, S. F., Haqiqi, A. M., & Mahaputa, P. (2025). *Analisis Biomekanika pada Postur Tubuh Petani Desa Karyasari Menggunakan Metode RULA (Rapid Upper Limb Assesment)*. 03(04), 828–847.