

Perancangan Alat Pengukur Cairan Otomatis dengan Ergonomis Untuk Mengurangi Kelelahan Kerja dan Waktu Proses Penimbangan

Yogi Prasetyo¹, Jaka Purnama², Istantyo Yuwono³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jl. Semolowaru No.45, Menur Pumpungan, Kec. Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur 60118

Email: 1412200180@surel.untag-sby.ac.id, jakapurnama@untag-sby.ac.id, istantyo@untag-sby.ac.id

ABSTRAK

PT. XYZ merupakan perusahaan manufaktur cat jenis *water base* untuk interior yang menghadapi kendala ketidakstabilan target produksi akibat inefisiensi waktu dan postur kerja tidak ergonomis pada proses penuangan cairan secara manual. Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat pengukur cairan otomatis yang ergonomis guna meminimalkan tingkat risiko postur kerja serta mengevaluasi peningkatan efisiensi waktu penimbangan. Metodologi yang digunakan mencakup pengukuran antropometri untuk menentukan dimensi alat yang presisi, metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) untuk evaluasi objektif risiko postur tubuh, serta kuesioner *Nordic Body Map* (NBM) untuk memetakan keluhan otot pekerja. Temuan utama *menunjukkan* bahwa sebelum perbaikan, waktu rata-rata penimbangan mencapai 64,3 detik dengan skor REBA 10 (Kategori Risiko Tinggi) dan skor NBM 52-66 (Kategori Sedang). Setelah implementasi prototipe alat otomatis, durasi penimbangan terpankas menjadi 39,2 detik, menghasilkan peningkatan efisiensi waktu sebesar 39,04%. Evaluasi setelah perancangan alat membuktikan skor REBA berhasil diturunkan menjadi 1 (Risiko Rendah) dan skor NBM turun ke rentang 32-38 (Risiko Rendah). Kesimpulannya, perancangan alat bantu ini mampu mengurangi beban statis berlebih, mencegah potensi cedera *musculoskeletal*, dan mempercepat siklus kerja. Penelitian ini memberikan solusi terukur bagi perusahaan dalam menciptakan lingkungan operasional yang lebih aman dan produktif.

Kata kunci: Ergonomi; Rapid Entire Body Assessment (REBA); Nordic Body Map; Antropometri

ABSTRACT

PT XYZ is a water-based interior paint manufacturing company facing challenges with unstable production targets due to time inefficiency and unergonomic working postures during the manual liquid pouring process. This research aims to design an ergonomic automatic liquid measuring tool to minimize the risk of poor working posture and evaluate the improvement in weighing time efficiency. The methodology employed includes Anthropometric measurements to determine precise tool dimensions, the Rapid Entire Body Assessment (REBA) method for objective evaluation of postural risks, and the Nordic Body Map (NBM) questionnaire to map workers' muscle complaints. Key findings indicate that prior to the improvement, the average weighing time reached 64,3 seconds with a REBA score of 10 (High-Risk Category) and NBM scores ranging from 52-66 (Moderate Category). Following the implementation of the automatic tool prototype, the weighing duration was reduced to 39,2 seconds, resulting in a 39,04% increase in time efficiency. Post-design evaluation demonstrated that the REBA score was successfully reduced to 1 (Low Risk) and the NBM scores decreased to a range of 32-38 (Low Risk). In conclusion, the design of this assistive tool is capable of reducing excessive static load, preventing potential musculoskeletal injuries, and accelerating the work cycle. This research provides a measurable solution for the company to create a safer and more productive operational environment.

Keywords: Ergonomics; Rapid Entire Body Assessment (REBA); Nordic Body Map; Anthropometry

Pendahuluan

PT. XYZ merupakan perusahaan yang sudah cukup lama berdiri di industri manufaktur, tepatnya sejak tahun 2012 hingga saat ini. Profil perusahaan ini mengalami perkembangan yang signifikan, awalnya perusahaan hanya berfungsi sebagai titik distribusi atau gudang penyimpanan untuk produk-produk jadi dari PT. ABC di area Surabaya. Namun seiring berjalannya waktu, PT. XYZ memperluas perannya menjadi perusahaan manufaktur yang memproduksi sendiri cat jenis *water base* khusus untuk kebutuhan interior bangunan. Dalam menjalankan produksinya, perusahaan menerapkan strategi *make to order*. Artinya, aktivitas di lantai produksi tidak akan dimulai jika belum ada pesanan pasti yang masuk. Sistem ini menuntut ketelitian dalam mengatur urutan kerja, jumlah barang yang diproses, serta manajemen waktu yang ketat agar produksi dapat diselesaikan tepat waktu [1],

[2], [3]. Hal ini juga membantu perusahaan menjaga efisiensi karena tidak perlu menyimpan stok berlebih yang belum tentu terserap oleh pasar [4]. Volume produksi bulanan di PT. XYZ tidak ditentukan sendiri. Seluruh kuantitas dan target pembuatan produk cat setiap bulannya ditetapkan berdasarkan permintaan langsung dari PT. ABC. Sebagai pemilik merek, PT. ABC menjadi acuan utama bagi PT. XYZ dalam menentukan besarnya kapasitas produksi yang harus dibuat untuk memenuhi kebutuhan pasar.

Dalam operasionalnya, pencapaian target produksi cat di PT. XYZ setiap bulannya ternyata tidak selalu stabil. Meskipun target kuantitas sudah ditentukan di awal oleh PT. ABC, realisasi hasilnya di lapangan sering kali naik-turun. Ada kalanya dalam satu bulan perusahaan berhasil memenuhi seluruh pesanan tepat waktu, namun di bulan berikutnya jumlah produksi justru meleset dan tidak mencapai angka yang ditargetkan. Terkadang PT. XYZ menerima target tambahan di pertengahan bulan sehingga target tidak dapat terpenuhi. Kondisi kadang terpenuhi, kadang tidak menjadi masalah karena target bulanan tersebut merupakan acuan utama untuk distribusi ke pasar. Berdasarkan data produksi pada tahun 2025, terlihat adanya perbedaan yang cukup nyata antara target yang direncanakan dengan kenyataan di lapangan. Selama lima bulan pertama, yaitu periode Januari hingga Mei, kinerja produksi perusahaan tergolong sangat stabil. Dengan target yang dipatok antara 252 hingga 318,5 ton, perusahaan selalu berhasil memenuhi target tersebut secara penuh (100%). Hal ini menunjukkan bahwa pada kapasitas normal di bawah 320 ton, alur operasional berjalan dengan sangat lancar tanpa kendala yang berarti.

Memasuki bulan Juni hingga Agustus, perbedaan mulai terlihat saat beban produksi ditingkatkan secara signifikan hingga melampaui angka 450 ton. Di fase ini, perusahaan mulai mengalami kesulitan dalam mengejar target yang ada. Selisih atau defisit produksi yang paling mencolok terjadi pada bulan Juli, di mana realisasi produksi hanya menyentuh angka 420 ton dari target sebesar 451,5 ton (terdapat kekurangan sebesar 31,5 ton). Kegagalan ini mengindikasikan bahwa sistem produksi yang ada saat mengalami hambatan (*bottleneck*) ketika harus menangani volume pesanan yang besar. Kondisi kurang optimal ini kembali muncul pada bulan Desember, di mana realisasi produksi hanya mencapai 364 ton dari target 378 ton. Pola kegagalan yang berulang ini memperkuat dugaan bahwa ada masalah pada efisiensi waktu proses yang menghambat kecepatan alur produksi. Untuk membedah secara detail di mana letak hambatan tersebut dan mencari cara mempersingkat waktu pengerjaan, maka dilakukan analisis mendalam terhadap urutan kerja pembuatan cat interior [5].

Berdasarkan *Operation Process Chart* (OPC), proses produksi diawali dengan dua aliran material, yaitu penimbangan cairan pada Mesin Timbang selama 30 menit dan penuangan tepung ke dalam tanki selama 10 menit. Kedua komponen tersebut kemudian digabungkan dalam tahap *Premix* menggunakan Mesin *Premix* selama 60 menit, yang dilanjutkan dengan proses *Makeup* pada Mesin *Makeup* selama 20 menit untuk mendapatkan campuran warna yang sesuai. Setelah fase produksi selesai, dilakukan tahapan pemeriksaan oleh bagian *Quality Control* (QC) selama 30 menit guna memastikan standar kualitas cat telah terpenuhi. Tahap selanjutnya yaitu memberikan kode pada kemasan menggunakan mesin laser selama 30 menit. Tahap akhir dari rangkaian ini adalah proses *Filling* atau pengisian ke dalam kemasan yang memerlukan waktu 120 menit. Berdasarkan tabel ringkasan pada peta proses tersebut, total aktivitas operasi berjumlah 6 kegiatan dengan waktu 270 menit, serta 1 aktivitas pemeriksaan dengan waktu 30 menit. Dengan demikian, akumulasi total waktu siklus untuk seluruh rangkaian pembuatan cat interior ini adalah sebesar 300 menit.

Pada proses awal penimbangan material cairan memerlukan waktu yang cukup lama dibandingkan proses penuangan tepung kedalam tanki tepung karena aktivitas penimbangan masih dilakukan secara manual oleh operator. Hal ini mengidentifikasi adanya inefisiensi pada stasiun kerja tersebut yang berpotensi menghambat kelancaran aliran produksi secara keseluruhan. Berikut gambar proses penuangan cairan manual oleh operator.



Gambar 1. Komponen Alat

Berdasarkan Gambar 1, terlihat bahwa aktivitas penuangan cairan ke dalam wadah ukur masih dilakukan secara manual oleh operator dengan mengangkat jeriken berkapasitas besar tanpa bantuan alat penopang. Metode pengukuran seperti ini memakan waktu lama karena operator harus menuangkan cairan dengan sangat hati-hati agar tidak melebihi takaran, sehingga menghambat efisiensi pada siklus penimbangan yang seharusnya bisa dilakukan lebih cepat. Selain itu, posisi tubuh operator yang membungkuk saat menahan beban berat menunjukkan kondisi kerja yang tidak ergonomis, yang jika dilakukan secara berulang dalam jangka panjang dapat

menimbulkan risiko kelelahan fisik maupun cedera pada otot [6], [7], [8], [9]. Secara anatomi, otot di punggung dan pinggang mengalami beban kompresi yang besar karena posisi membungkuk, sementara otot bahu dan lengan atas harus berkontraksi secara statis untuk menahan berat jeriken. Selain itu, otot kaki, dan paha juga mengalami ketegangan yang signifikan karena berfungsi sebagai tumpuan utama dalam menjaga keseimbangan tubuh saat berada pada posisi yang tidak stabil. Beban ini tidak hanya menyebabkan kelelahan, tetapi jika dilakukan berulang secara terus-menerus, dapat memicu gangguan muskuloskeletal, khususnya pada tulang belakang, bahu, serta bagian tubuh bawah termasuk kaki dan paha.

Berbagai penelitian terdahulu telah mengkaji perancangan alat bantu ergonomis untuk aktivitas penanganan material maupun pengangkatan beban secara manual [10], [11], [12]. Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada perbaikan desain alat dan peningkatan kenyamanan kerja tanpa mengintegrasikan evaluasi risiko postur kerja secara komprehensif dengan analisis efisiensi waktu proses. Selain itu, penelitian mengenai perancangan alat bantu pengukuran atau penimbangan cairan pada industri cat masih relatif terbatas, terutama yang mempertimbangkan karakteristik pekerjaan pengukuran cairan dalam volume besar yang dilakukan secara berulang. Dengan demikian, masih terdapat kesenjangan penelitian (*research gap*) terkait pengembangan alat bantu yang tidak hanya mampu memperbaiki kondisi ergonomi pekerja, tetapi juga dapat meningkatkan efisiensi waktu proses produksi secara bersamaan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan perancangan alat pengukur cairan otomatis yang ergonomis untuk membantu proses penimbangan material cair pada lini produksi cat interior. Perancangan alat dilakukan dengan mempertimbangkan data antropometri operator sebagai dasar penentuan dimensi dan spesifikasi alat agar sesuai dengan karakteristik pengguna. Selain itu, evaluasi tingkat risiko postur kerja dilakukan menggunakan metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA), sedangkan tingkat keluhan muskuloskeletal operator dianalisis menggunakan *Nordic Body Map* (NBM). Integrasi ketiga pendekatan tersebut memungkinkan evaluasi yang lebih komprehensif terhadap dampak implementasi alat bantu terhadap kondisi kerja operator.

Kontribusi utama penelitian ini adalah menghasilkan rancangan alat pengukur cairan otomatis yang mampu mengurangi aktivitas pengangkatan dan penuangan cairan secara manual sehingga postur kerja operator menjadi lebih ergonomis. Penelitian ini juga memberikan kontribusi metodologis melalui integrasi antropometri, REBA, dan NBM dalam evaluasi perbaikan sistem kerja yang dikombinasikan dengan analisis efisiensi waktu proses penimbangan. Dengan berkurangnya risiko postur kerja, menurunnya tingkat keluhan muskuloskeletal, serta berkurangnya waktu proses penimbangan, diharapkan produktivitas kerja operator dapat meningkat dan target produksi perusahaan dapat dicapai secara lebih optimal. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi perusahaan manufaktur yang menghadapi permasalahan serupa dalam aktivitas penimbangan maupun pemindahan material cair secara manual.

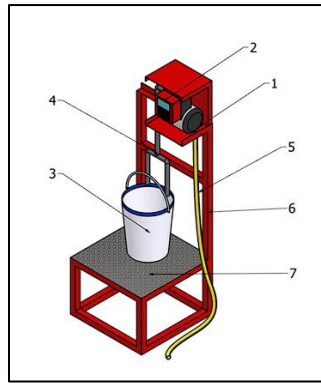
Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan ergonomi dengan tahapan yang dimulai dari studi literatur dan studi lapangan. Studi literatur dilakukan melalui kajian teori mengenai perancangan alat bantu, ergonomi, antropometri, metode REBA (*Rapid Entire Body Assessment*), dan *Nordic Body Map* (NBM). Studi lapangan dilakukan dengan observasi langsung serta wawancara terhadap operator untuk mengidentifikasi keluhan kerja, postur tubuh, dan hambatan proses penimbangan cairan. Pengumpulan data meliputi target dan realisasi produksi, waktu proses produksi menggunakan stopwatch, data antropometri operator, data postur kerja melalui metode REBA, serta data keluhan fisik menggunakan kuesioner NBM. Selanjutnya data diolah melalui uji kecukupan dan keseragaman data, perhitungan rata-rata, standar deviasi, dan persentil untuk menentukan dimensi alat yang ergonomis.

Berdasarkan hasil pengolahan data, dilakukan perancangan alat pengukur cairan otomatis yang disesuaikan dengan dimensi tubuh operator guna mengurangi postur kerja membungkuk dan aktivitas pengangkatan beban secara manual. Prototipe alat kemudian diuji langsung pada lingkungan kerja untuk mengevaluasi efektivitasnya dalam menurunkan skor risiko ergonomi REBA, mengurangi keluhan fisik berdasarkan NBM, serta mempercepat waktu proses penimbangan cairan. Hasil pengujian dianalisis dengan membandingkan kondisi sebelum dan sesudah implementasi alat untuk mengetahui peningkatan efisiensi kerja, kenyamanan operator, dan produktivitas proses produksi.

Hasil Dan Pembahasan

Berdasarkan alat yang telah dirancang, terdapat beberapa komponen yang digunakan. Berikut komponen yang digunakan dalam merancang alat penimbang cairan.



Gambar 2. Komponen Alat

Pada Gambar 2 menunjukkan detail komponen dari desain alat pengukur cairan yang dirancang untuk mengoptimalkan proses kerja operator. Terlihat susunan teknis alat yang terdiri dari sistem penggerak berupa mesin pompa (1) dan sistem monitoring digital flow meter (2) untuk menjamin akurasi volume cairan. Selain itu, terdapat struktur fungsional yang meliputi pipa output (4), selang input (5), serta wadah ember (3) yang ditempatkan pada alas wadah (7) dengan dukungan kerangka (6). Dari seluruh daftar komponen ini menunjukkan bahwa perancangan alat tersebut telah disusun secara sistematis untuk mempermudah operasional penimbangan cairan. Setelah merancang alat, maka dilakukan tahap uji coba. Tahap uji coba bertujuan untuk mengetahui apakah alat mampu menurunkan risiko ergonomi berdasarkan skor REBA dan kuesioner NBM, sekaligus meningkatkan efisiensi waktu penimbangan cairan dibandingkan metode manual.

Waktu Penimbangan Setelah Perancangan Alat

Uji coba pada waktu penimbangan dilakukan untuk mengukur apakah alat tersebut mampu mengurangi waktu proses penimbangan. Berikut waktu penimbangan menggunakan alat yang sudah dirancang.

Tabel 1. Waktu Penimbangan Setelah Perancangan Alat

Pengamatan Ke	Waktu (Detik)	Pengamatan Ke	Waktu (Detik)
1	38	16	39
2	36	17	38
3	37	18	37
4	50	19	36
5	38	20	39
6	37	21	38
7	36	22	36
8	39	23	39
9	51	24	37
10	38	25	49
11	37	26	38
12	52	27	37
13	38	28	36
14	36	29	39
15	37	30	38
Rata-rata	39,2		

Pada Tabel 1 menunjukkan hasil pengamatan waktu penimbangan setelah dilakukan perancangan alat yang dilakukan sebanyak 30 kali pengamatan untuk mengevaluasi efisiensi kerja operator. Terlihat waktu pengerjaan menjadi lebih cepat dengan durasi tertinggi sebesar 52 detik pada pengamatan ke-12 dan durasi terendah mencapai 36 detik pada beberapa pengamatan. Selain itu, konsistensi waktu pengerjaan didominasi pada kisaran 30-an detik, didukung oleh nilai rata-rata waktu penimbangan yang kini menjadi 39,2 detik. Dari seluruh data waktu ini menunjukkan bahwa implementasi perancangan alat baru mampu memangkas waktu proses penimbangan dibandingkan metode manual sebelumnya.

Perhitungan NBM Setelah Perancangan Alat

Berdasarkan hasil kuesioner *Nordic Body Map* (NBM) setelah perancangan alat, dilakukan penilaian subjektif untuk mengetahui tingkat perubahan keluhan otot yang dirasakan oleh para operator saat melakukan aktivitas kerja. Data yang diperoleh kemudian diubah ke dalam bentuk skor, di mana skor 1 mewakili kondisi

Tidak Sakit (TS), skor 2 untuk Cukup Sakit (CS), skor 3 untuk Sakit (S), dan skor 4 untuk Sangat Sakit (SS). Hasil skor dari kelima operator tersebut setelah perancangan alat dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Hasil Skor Kuisisioner NBM Setelah Perancangan Alat

No	Jenis Keluhan	Tingkat Keluhan				
		Operator 1	Operator 2	Operator 3	Operator 4	Operator 5
0	Sakit pada atas leher	1	1	1	1	1
1	Sakit pada bawah leher	1	1	1	1	1
2	Sakit pada kiri bahu	1	1	1	1	1
3	Sakit pada kanan bahu	2	2	1	2	2
4	Sakit pada kiri atas lengan	1	1	1	1	1
5	Sakit pada punggung	2	1	2	2	1
6	Sakit pada kanan atas lengan	3	2	2	2	1
7	Sakit pada pinggang	2	2	2	2	2
8	Sakit pada pantat	1	1	1	1	1
9	Sakit pada bagian bawah pantat	1	1	1	1	1
10	Sakit pada kiri siku	1	1	1	1	1
11	Sakit pada kanan siku	2	2	2	2	2
12	Sakit pada kiri lengan bawah	1	1	1	1	1
13	Sakit pada kanan lengan bawah	2	1	2	1	1
14	Sakit pada pergelangan tangan kiri	2	1	2	1	2
15	Sakit pada pergelangan tangan kanan	3	1	2	2	3
16	Sakit pada tangan kiri	1	1	1	1	1
17	Sakit pada tangan kanan	1	1	2	1	2
18	Sakit pada paha kiri	1	1	1	1	1
19	Sakit pada paha kanan	1	1	1	1	1
20	Sakit pada lutut kiri	1	1	1	1	1
21	Sakit pada lutut kanan	1	1	1	1	1
22	Sakit pada betis kiri	1	1	1	1	1
23	Sakit pada betis kanan	1	1	1	1	1
24	Sakit pada pergelangan kaki kiri	1	1	1	1	1
25	Sakit pada pergelangan kaki kanan	1	1	1	1	1
26	Sakit pada kaki kiri	1	1	1	1	1
27	Sakit pada kaki kanan	1	1	1	1	1
	Total	66	38	32	36	34

Berdasarkan hasil pengolahan data kuisisioner *Nordic Body Map* Setelah Perancangan Alat pada Tabel 4.13, dapat disimpulkan bahwa seluruh operator berada pada kategori tingkat risiko rendah. Hal ini dikarenakan total skor yang diperoleh kelima operator berada dalam rentang 28-49, dengan rincian Operator 1 sebesar 38, Operator 2 sebesar 32, Operator 3 sebesar 36, Operator 4 sebesar 34, dan Operator 5 sebesar 35. Terlihat pada keterangan tingkat risiko tersebut, kondisi kerja saat setelah ada alat menjadi belum memerlukan perbaikan. Uji coba alat untuk mengurangi resiko postur kerja dinyatakan berhasil menurunkan resiko dalam metode *nordic body map*.

Perhitungan REBA Setelah Perancangan Alat

Evaluasi tingkat risiko ergonomis pada Operator CM dilakukan melalui pengamatan langsung terhadap berbagai posisi tubuh, meliputi leher, punggung, batang tubuh, lengan (atas dan bawah), pergelangan tangan, serta kaki. Berikut gambar postur tubuh operator menggunakan alat penimbang cairan.



Gambar 3. Analisis Postur Tubuh setelah perancangan alat

Pada gambar 3 menunjukkan hasil analisis postur kerja operator saat melakukan aktivitas pengoperasian alat yang diukur menggunakan metode REBA untuk mengidentifikasi risiko ergonomi. Terlihat operator bekerja dengan postur dengan posisi leher sebesar 0° dan posisi batang tubuh (trunk) yang tegak lurus sebesar 0° yang mengindikasikan beban statis rendah pada tulang belakang. Selain itu, lengan atas membentuk sudut 90° untuk menjangkau panel, didukung oleh posisi lengan bawah sebesar 113° dan pergelangan tangan sebesar 17° serta tumpuan kaki dengan sudut 180°. Data yang terkumpul kemudian diproses dan dikategorikan untuk menyusun rekapitulasi skor REBA, yang berfungsi sebagai indikator tingkat ancaman ergonomis pada aktivitas kerja tersebut.

Tabel 3. Penilaian Postur kerja A Setelah Perancangan Alat

Postur Tubuh	Keterangan	Nilai Akhir
Leher (Neck)	Posisi leher lurus sebesar 0 derajat (Score 1)	1
Batang Tubuh (Trunk)	Posisi batang tubuh berada pada 0 derajat (Score 1)	1
Kaki (Legs)	Posisi kaki lurus tanpa menekuk (Score 1)	1

Setelah menentukan penilaian postur kerja pada bagian tubuh operator di Tabel 3, skor yang diperoleh kemudian digabungkan untuk mendapatkan nilai akhir postur kerja A. Proses penggabungan skor tersebut terdapat pada tabel berikut.

Tabel 4. Perhitungan Tabel A Setelah Perancangan Alat

Table A	Neck												
	1				2				3				
Trunk Posture Score	Legs	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Dari hasil perhitungan skor pada Tabel 4 di lembar kerja REBA, kita mendapatkan skor 1. karena tidak ada beban yang diangkat operator, maka tidak ada penambahan angka. Nilai 1 inilah yang nantinya dimasukkan ke dalam kolom 'Score A' pada Tabel C. Setelah perhitungan skor Tabel A selesai, selanjutnya berlanjut ke penghitungan untuk Tabel B dengan rincian sebagai berikut.

Tabel 5. Penilaian Postur kerja B Setelah Perancangan Alat

Postur Tubuh	Keterangan	Nilai Akhir
Lengan Atas (Upper Arm)	posisi lengan atas berada diantara 45-90 derajat (Score 3)	3
Lengan Bawah (Lower Arm)	posisi lengan bawah berada diatas 100 derajat (Score 2)	2
Pergelangan Tangan (Wrist Score)	posisi pergelangan tangan kurang dari 15 derajat (Score 1)	1

Setelah menentukan penilaian postur kerja pada bagian tubuh operator di Tabel 5, skor yang diperoleh kemudian digabungkan untuk mendapatkan nilai akhir postur kerja B. Proses penggabungan skor tersebut terdapat pada tabel berikut.

Tabel 6. Perhitungan Tabel B Setelah Perancangan Alat

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

Berdasarkan perhitungan skor postur tubuh pada Tabel 6, diperoleh nilai skor 4. Setelah itu skor akhir untuk Tabel B yang kemudian dimasukkan ke dalam matriks Tabel C untuk mencari skor akhir sebagai berikut:

Tabel 7. Perhitungan Tabel C Setelah Dilakukan Perancangan Alat

Score A	Table C											
	Score B											
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7

Score A	Table C											
	Score B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	12	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Pada Tabel 7. menunjukkan hasil perhitungan Tabel C setelah dilakukan perancangan alat yang digunakan dalam metode REBA untuk menentukan skor akhir risiko ergonomi. Terlihat bahwa hasil integrasi antara Score A sebesar 1 dan Score B sebesar 4 menghasilkan Skor Tabel C sebesar 2. Angka ini mengindikasikan bahwa perancangan alat baru berhasil menekan tingkat risiko ke level yang lebih rendah dibandingkan kondisi sebelumnya. Uji coba alat untuk mengurangi resiko postur kerja dinyatakan berhasil menurunkan skor resiko.

Analisis dan Pembahasan

Setelah dilakukan perancangan dan pengujian alat pengukur cairan otomatis, kemudian dilakukan analisis dan pembahasan. Terdapat beberapa perbandingan antara penimbangan cairan secara manual dengan menggunakan alat pengukur cairan otomatis. Berikut analisis perbandingan sebelum dan sesudah menggunakan alat.

1. Analisis Perbandingan Waktu Proses Penimbangan

Setelah menghitung waktu proses sebelum dan sesudah perancangan alat, maka dilakukan analisis perbandingan. Berikut data perbandingan waktu rata-rata proses penimbangan.

Tabel 8. Perbandingan Rata-rata Waktu Proses Penimbangan

Sebelum (Detik)	Setelah (Detik)
64,3	39,2

Berdasarkan Tabel 8, rata-rata waktu proses penimbangan mengalami penurunan dari 64,3 detik menjadi 39,2 detik setelah penggunaan alat pengukur cairan otomatis. Penurunan waktu sebesar 25,1 detik atau sekitar 39,04% menunjukkan bahwa alat yang dirancang mampu meningkatkan efisiensi proses penimbangan secara signifikan. Pengurangan waktu tersebut terjadi karena operator tidak lagi melakukan proses pengangkatan dan penuangan cairan secara manual yang memerlukan ketelitian tinggi untuk mencapai volume yang diinginkan. Dari perspektif operasional, penurunan waktu siklus pada aktivitas penimbangan berpotensi mengurangi waktu tunggu pada proses berikutnya sehingga aliran produksi menjadi lebih lancar. Mengingat proses penimbangan merupakan salah satu tahapan awal dalam produksi cat, peningkatan efisiensi pada stasiun kerja ini dapat membantu mengurangi potensi bottleneck yang sebelumnya terjadi ketika volume produksi meningkat. Temuan ini sejalan dengan penelitian ergonomi industri yang menyatakan bahwa penerapan alat bantu kerja tidak hanya meningkatkan kenyamanan operator, tetapi juga mampu meningkatkan produktivitas melalui pengurangan waktu kerja yang tidak bernilai tambah (*non-value added activity*) [13], [14].

2. Analisis Perbandingan Resiko Postur Kerja Menggunakan Metode REBA

Setelah menghitung skor resiko postur kerja sebelum dan sesudah perancangan alat menggunakan metode REBA, maka dilakukan analisis perbandingan. Berikut data perbandingan resiko postur kerja proses penimbangan.

Tabel 9. Perbandingan Skor REBA

	Sebelum	Setelah
Skor	10	2
Kategori Resiko	Tinggi	Rendah

Berdasarkan Tabel 9, skor REBA mengalami penurunan dari 10 menjadi 2 setelah implementasi alat pengukur cairan otomatis. Menurut klasifikasi REBA, skor 10 termasuk kategori risiko tinggi yang memerlukan tindakan perbaikan segera, sedangkan skor 2 termasuk kategori risiko rendah dengan kebutuhan tindakan korektif yang minimal. Hasil ini menunjukkan bahwa alat yang dirancang berhasil memperbaiki postur kerja operator secara signifikan. Pada kondisi awal, operator melakukan aktivitas penuangan dengan

posisi membungkuk sambil menahan beban jeriken secara langsung. Postur tersebut menyebabkan peningkatan tekanan pada tulang belakang bagian bawah, bahu, lengan atas, dan tungkai bawah akibat adanya kontraksi otot statis dalam durasi tertentu. Paparan postur kerja seperti ini secara berulang berpotensi menimbulkan gangguan muskuloskeletal jangka panjang, terutama pada area punggung bawah (*low back pain*), bahu, dan leher. Setelah penggunaan alat, operator dapat bekerja dengan posisi tubuh yang lebih tegak dan netral sehingga distribusi beban tubuh menjadi lebih seimbang. Kondisi ini mengurangi kebutuhan kontraksi otot statis yang berlebihan dan menurunkan risiko kelelahan kerja. Hasil penelitian ini sejalan dengan berbagai penelitian ergonomi yang menunjukkan bahwa perbaikan fasilitas kerja berbasis antropometri dapat menurunkan skor REBA secara signifikan serta mengurangi risiko gangguan muskuloskeletal pada pekerja manufaktur [15], [16]. Dengan demikian, penggunaan alat pengukur cairan otomatis tidak hanya memberikan manfaat jangka pendek berupa peningkatan kenyamanan kerja, tetapi juga berpotensi mengurangi risiko cedera akibat kerja dalam jangka panjang.

3. Analisis Perbandingan Tingkat Keluhan Otot dengan Metode NBM

Setelah menghitung skor tingkat keluhan otot sebelum dan sesudah perancangan alat menggunakan metode NBM, maka dilakukan analisis perbandingan. Berikut data perbandingan resiko postur kerja proses penimbangan.

Tabel 10. Perbandingan Skor NBM

	Sebelum	Setelah
Operator 1	66	38
Operator 2	54	32
Operator 3	57	36
Operator 4	54	34
Operator 5	52	35

Berdasarkan Tabel 10, seluruh operator mengalami penurunan skor keluhan muskuloskeletal setelah menggunakan alat pengukur cairan otomatis. Sebelum perbaikan, skor NBM berada pada rentang 52–66 yang menunjukkan tingkat keluhan sedang hingga tinggi. Setelah implementasi alat, skor tersebut menurun menjadi 32–38 yang menunjukkan berkurangnya tingkat ketidaknyamanan fisik selama bekerja. Penurunan skor NBM mengindikasikan berkurangnya beban kerja fisik pada beberapa bagian tubuh yang sebelumnya menerima tekanan paling besar, yaitu punggung bawah, pinggang, bahu, lengan atas, paha, dan kaki. Pada metode kerja manual, operator harus mengangkat dan mengendalikan jeriken berisi cairan sehingga beban kerja terkonsentrasi pada sistem muskuloskeletal bagian atas dan bawah secara bersamaan. Setelah penggunaan alat, sebagian besar beban tersebut dialihkan ke mekanisme alat sehingga operator hanya melakukan aktivitas pengendalian aliran cairan tanpa perlu mengangkat beban secara langsung. Penurunan keluhan pada seluruh operator menunjukkan bahwa alat yang dirancang mampu mengurangi kelelahan fisik akibat aktivitas berulang. Hasil ini mendukung temuan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa penerapan alat bantu ergonomis dapat menurunkan tingkat keluhan muskuloskeletal dan meningkatkan kenyamanan kerja operator [10], [11], [12], [17]. Selain itu, penurunan skor NBM juga memperkuat hasil evaluasi REBA yang menunjukkan adanya perbaikan postur kerja secara signifikan. Dengan berkurangnya keluhan otot dan risiko postur kerja, perusahaan berpotensi memperoleh manfaat berupa penurunan risiko cedera kerja, peningkatan stabilitas performa operator, serta peningkatan produktivitas secara berkelanjutan. Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa perancangan alat pengukur cairan otomatis yang dikembangkan berdasarkan data antropometri operator berhasil meningkatkan aspek ergonomi dan efisiensi kerja secara simultan. Integrasi pendekatan antropometri, REBA, dan NBM dalam penelitian ini memberikan bukti bahwa perbaikan desain fasilitas kerja tidak hanya berdampak pada peningkatan produktivitas melalui pengurangan waktu proses, tetapi juga mampu menurunkan risiko gangguan muskuloskeletal yang dapat memengaruhi kinerja pekerja dalam jangka panjang.

Simpulan

Tingkat risiko postur kerja operator pada aktivitas penuangan cairan secara manual menunjukkan kondisi yang memerlukan tindakan segera, berdasarkan analisis REBA dengan skor awal 10 yang termasuk kategori risiko tinggi, meskipun hasil *Nordic Body Map* (NBM) awal berada pada rentang 52–66 dengan kategori sedang, namun perancangan alat bantu tetap harus dilakukan karena postur ekstrem dan beban statis tinggi berpotensi menyebabkan cedera jangka panjang dan peningkatan keluhan otot jika tidak segera diatasi. Penerapan rancangan alat ergonomis terbukti meningkatkan efisiensi kerja secara signifikan, ditunjukkan dengan penurunan rata-rata waktu penimbangan dari 64,3 detik menjadi 39,2 detik atau meningkatnya efisiensi sebesar 39,04%. Selain itu, hasil analisis juga menunjukkan perbaikan kualitas ergonomi kerja, di mana skor REBA menurun dari 10 (risiko tinggi) menjadi 1 (risiko rendah) karena postur kerja menjadi lebih netral dengan posisi tubuh tegak, serta terjadi

penurunan keluhan otot berdasarkan NBM dari kategori sedang (52–66) menjadi 32–38, yang membuktikan bahwa alat bantu otomatis tersebut efektif dalam mengurangi kelelahan otot dan meningkatkan keamanan serta kenyamanan kerja operator secara keseluruhan.

Daftar Pustaka

- [1] Z. Arifudin, A. D. GS, R. Dewi, D. Zuhro, and S. Sutini, "Strategi Dan Policy Manajemen Untuk Menerjemahkan Aktivitas Pengadaan Material Dan Forecasting Material: Laporan Kegiatan Kuliah Kerja Lapangan," *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, vol. 3, no. 1, pp. 146–160, 2024, doi: <https://doi.org/10.30640/abdimas45.v3i1.2351>.
- [2] T. Hayati and H. Firdaus, "Peningkatan Kualitas Sistem Produksi Di Perusahaan Sandal Sandria Tasikmalaya Dengan Menggunakan Assembly To Order," *Jurnal Media Teknologi*, vol. 11, no. 01, 2024, doi: <https://doi.org/10.25157/jmt.v11i1.4100>.
- [3] A. Fole, "Perancangan Strategi Mitigasi Risiko Pada Proses Bisnis CV. JAT Menggunakan Metode House of Risk," *Journal of Industrial Engineering Innovation*, vol. 1, no. 02, 2023, doi: 10.58227/jiei.v1i02.109.
- [4] E. Arif and J. Purnama, "Optimalisasi Rute Distribusi pada Gudang YU Pet Shop Guna Meminimalkan Biaya Transportasi," *JURNAL SURYA TEKNIKA*, vol. 12, no. 1, 2025, doi: 10.37859/jst.v12i1.9296.
- [5] J. Purnama and S. Sajiyono, "Pengembangan Model Fuzzy Goal Programming Untuk Mengoptimalkan Produksi Pada Ukm Furniture," *Jurnal Simantec*, vol. 9, no. 1, 2020, doi: 10.21107/simantec.v9i1.8998.
- [6] M. Bortolini, L. Botti, F. G. Galizia, and C. Mora, "Ergonomic Design of an Adaptive Automation Assembly System," *Machines*, vol. 11, no. 9, 2023, doi: 10.3390/machines11090898.
- [7] A. Brunzini, M. Peruzzini, F. Grandi, R. K. Khamaisi, and M. Pellicciari, "A preliminary experimental study on the workers' workload assessment to design industrial products and processes," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 11, no. 24, 2021, doi: 10.3390/app112412066.
- [8] T. Bosch, S. E. Mathiassen, B. Visser, M. D. de Looze, and J. V. van Dieën, "The effect of work pace on workload, motor variability and fatigue during simulated light assembly work," *Ergonomics*, vol. 54, no. 2, 2011, doi: 10.1080/00140139.2010.538723.
- [9] M. Yung and R. P. Wells, "Responsive upper limb and cognitive fatigue measures during light precision work: an 8-hour simulated micro-pipetting study," *Ergonomics*, vol. 60, no. 7, 2017, doi: 10.1080/00140139.2016.1242782.
- [10] Y. D. R. Montororing, "Perancangan Fasilitas Alat Bantu Kerja Dengan Prinsip Ergonomi Pada Bagian Penimbangan Di PT. BPI," *Jurnal Inkofer*, vol. 1, no. 2, 2021, doi: 10.46846/jurnalinkofar.v1i2.175.
- [11] L. O. M. F. S. Baeri, L. Widodo, and I. W. Sukania, "Perancangan Alat Bantu Kerja Berdasarkan Analisis Ergonomi Di Bagian Manual Handling PT. XYZ," *Jurnal Mitra Teknik Industri*, vol. 4, no. 2, 2025, doi: 10.24912/jmti.v4i2.34966.
- [12] F. Yuamita and R. A. Sary, "Usulan Perancangan Alat Bantu Untuk Meminimalisir Kelelahan Fisik dan Mental Pekerja," *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, vol. 15, no. 2, 2017, doi: 10.23917/jiti.v15i2.2424.
- [13] B. I. Putra, I. A. Sari, and R. B. Jakaria, "Worksampling Sebagai Usaha Mengukur Produktivitas Perakitan Kursi Model Praktikum Analisa Perancangan Sistem Kerja Dan Ergonomi," *Jurnal Mesin Nusantara*, vol. 4, no. 2, 2021, doi: 10.29407/jmn.v4i2.16894.
- [14] S.-C. Necula, D. Fotache, and E. Rieder, "Assessing the Impact of Artificial Intelligence Tools on Employee Productivity: Insights from a Comprehensive Survey Analysis," *Electronics (Basel)*, vol. 13, no. 18, p. 3758, Sep. 2024, doi: 10.3390/electronics13183758.
- [15] P. Marková, D. Vrecková, M. Ml̄kva, P. Szabó, and M. Čambál, "The Impact of Ergonomic Rationalisation on the Efficiency and Productivity of the Production Process," *Adm. Sci.*, vol. 15, no. 2, p. 62, Feb. 2025, doi: 10.3390/admsci15020062.
- [16] A. J. Samsudin and H. F. Satoto, "Perbaikan Stasiun Kerja Guna Meningkatkan Efisiensi Gerakan Dan Produktivitas Pada Operator Divisi Manual Oplos PT.XYZ," *Jurnal Surya Teknika*, vol. 11, no. 2, 2024, doi: <https://doi.org/10.37859/jst.v11i2.8305>.
- [17] A. Hidayatullah, Y. Mauluddin, and S. Rizki, "Perancangan Alat Pengaduk Dodol Ergonomis untuk Mengurangi Cedera pada Pekerja," *Jurnal Kalibrasi*, vol. 21, no. 2, 2023, doi: 10.33364/kalibrasi/v.21-2.1442.