Journal of Innovative and Creativity
Journal Homepage: https://joecy.org/index.php/joecy
e-mail: journaljoecy@gmail.com

Faculty of Education
University of Pahlawan Tuanku Tambusai
ISSN 2775-771X (Online)
ISSN 2962-570X (Printed)
6 (1) 2026, Page 16886-16898

PERANCANGAN BELT CONVEYOR CHECKWEIHGER PADA LINI PRODUKSI DAN ANALISIS PERBANDINGAN CHECKWEIHGER LAMA DI PT PUSRI PALEMBANG

Arisman Hendianto Zega
Program Studi Teknik Industri Universitas Katolik Musi Charitas Palembang
Corresponding Arisman Hendianto Zega e-mail: zegaarisman50@gmail.com

Published: Maret, 2026

ABSTRACT
PT Pupuk Sriwidjaja Pusri Palembang memerlukan sistem checkweigher baru karena sistem lama mengalami penurunan akurasi, downtime tinggi, dan keterbatasan integrasi data, yang memengaruhi efisiensi produksi pupuk urea. Penelitian ini bertujuan merancang serta menguji sistem belt conveyor checkweigher terintegrasi PLC-HMI untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi. Jenis penelitian terapan dengan pendekatan kuantitatif-eksperimental. Populasi proses penimbangan karung 50 kg di Bagging Station; sampel 100-200 karung purposive. Instrumen load cell digital, PLC Siemens, HMI, sensor photoelectric; analisis statistik deskriptif, error rate, standar deviasi, t-test. Hasil menunjukkan penurunan standar deviasi 75,6 persen, error 85 persen, waktu proses 33,3 persen, reject rate 3 persen. Kesimpulan: sistem baru optimal untuk pengendalian mutu industri pupuk, dengan penghematan biaya 78,24 persen.

Keywords: ***Belt Conveyor, Checkweigher, Load Cell, Plc Integration, Urea Fertilizer***

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Atibution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

INTRODUCTION

PT Pupuk Sriwidjaja Pusri Palembang merupakan produsen pupuk urea terbesar di Indonesia yang memainkan peran krusial dalam ketahanan pangan nasional melalui produksi berkualitas tinggi. Proses pengemasan pupuk urea, khususnya verifikasi berat karung 50 kg, menjadi tahap kritis untuk memenuhi standar nasional dan internasional guna menghindari kerugian finansial serta komplain konsumen akibat underweight atau overweight.

Dalam lini produksi modern, sistem checkweigher berfungsi sebagai alat penimbangan dinamis otomatis yang memverifikasi berat produk secara real-time tanpa menghentikan alur konveyor, sehingga mendukung throughput tinggi hingga 800-840 sak per jam di PT Pusri. Integrasi dengan PLC dan HMI memungkinkan monitoring data akurat untuk pengendalian mutu berkelanjutan.

Sistem checkweigher lama di Bagging Station PT Pusri mengalami penurunan akurasi dengan error 0,12-0,20 kg, melebihi toleransi, serta frekuensi downtime tinggi 2-4 kali per minggu akibat kerusakan load cell dan slip belt. Hal ini menyebabkan false reject dan penurunan efisiensi produksi secara signifikan.

Keterbatasan integrasi data mengharuskan pencatatan manual oleh tim QC, rentan kesalahan, sementara proses kalibrasi kompleks memakan waktu lama dan menyulitkan pergantian shift. Masalah ini diperburuk oleh peningkatan kapasitas produksi, sehingga memerlukan solusi sistem baru yang stabil dan terintegrasi.

Permasalahan tambahan mencakup respons lambat yang memicu rework dan pemborosan, serta ketidakmampuan mendeteksi variasi berat secara presisi di lingkungan industri bergetar. Kondisi ini tidak hanya menurunkan produktivitas tetapi juga berisiko melanggar regulasi metrologi legal.

Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem belt conveyor checkweigher berbasis load cell digital presisi tinggi terintegrasi PLC-HMI di PT Pusri untuk meningkatkan akurasi, mengurangi downtime, dan meminimalkan reject. Urgensi penelitian timbul dari kebutuhan mendesak mengoptimalkan efisiensi produksi pupuk urea nasional menghadapi target kapasitas tinggi, sementara kebaruan terletak pada analisis perbandingan kinerja sistem lama versus baru

dengan pengujian lapangan spesifik industri pupuk Indonesia, dilengkapi integrasi database real-time yang belum umum diterapkan.

METHOD

Penelitian ini bersifat terapan (applied research) dengan pendekatan kuantitatif dan eksperimental, yang bertujuan merancang, mengimplementasikan, serta menguji sistem checkweigher pada lini pengemasan pupuk urea 50 kg di PT Pupuk Sriwidjaja Pusri Palembang. Pendekatan kuantitatif digunakan untuk mengukur parameter seperti akurasi, repeatability, waktu respon, dan efektivitas reject melalui perbandingan dengan timbangan standar, sementara metode eksperimental melibatkan pengujian lapangan sebelum dan sesudah implementasi. Menurut Sugiyono (2021), metode penelitian kuantitatif-eksperimental cocok untuk pengembangan sistem teknis yang memerlukan pengukuran objektif dan pengujian hipotesis performa, dengan fokus pada data numerik dari observasi dan pengujian berulang. Sudaryono (2021) menegaskan bahwa pendekatan terapan seperti ini mendukung inovasi industri melalui siklus desain, implementasi, dan evaluasi kausal.

Instrumen utama mencakup load cell digital presisi tinggi, sensor photoelectric untuk deteksi karung, PLC Siemens/Omron untuk pengolahan sinyal dan filtering, HMI touchscreen untuk monitoring, serta sistem reject pneumatic dengan solenoid valve, ditambah timbangan standar untuk validasi . Teknik analisis data meliputi perhitungan akurasi (error = |Wc - Ws| / Ws), standar deviasi untuk repeatability, persentase efektivitas reject (jumlah reject benar / total sampel × 100), serta analisis statistik deskriptif dan inferensial untuk membandingkan checkweigher lama versus baru . Emzir (2021) menyatakan bahwa instrumen sensorik dan kontrol dalam penelitian kuantitatif harus divalidasi melalui kalibrasi metrologi untuk memastikan reliabilitas data . Creswell (2022) merekomendasikan teknik analisis mixed-methods dengan pengujian statistik untuk evaluasi desain sistem, termasuk uji t-test untuk perbedaan signifikan antar kondisi.

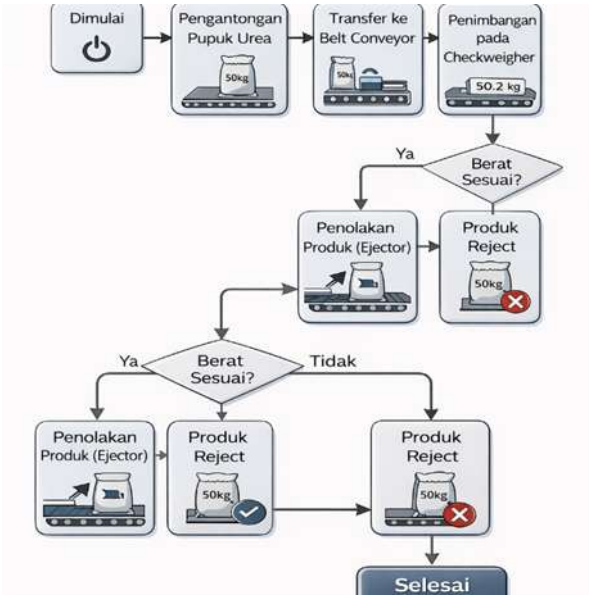
Populasi penelitian adalah seluruh proses penimbangan karung pupuk urea 50 kg di Bagging Station PT Pusri Palembang dengan throughput harian ribuan sak, sementara sampel diambil dari 100-200 karung per sesi pengujian untuk checkweigher lama dan baru, dipilih secara purposive berdasarkan variasi berat aktual. Pemilihan sampel ini memastikan representasi kondisi operasional nyata, dengan ukuran sampel cukup untuk analisis statistik ($n > 30$ per kelompok) guna mencapai kepercayaan 95%. Sugiyono (2022) mendefinisikan sampling purposive dalam penelitian terapan industri sebagai pemilihan unit yang relevan dengan masalah spesifik, sehingga hasil dapat digeneralisasi ke populasi lini produksi. Sudaryono (2021) menambahkan bahwa sampel eksperimen harus mencakup variasi input untuk menguji robustness sistem.

Prosedur dimulai dengan identifikasi masalah melalui observasi dan pengumpulan data primer-sekunder, diikuti analisis kebutuhan, perancangan sistem (diagram blok, flowchart, desain mekanik 3D), implementasi hardware-software, pengujian akurasi-repeatability di lapangan, validasi terhadap standar metrologi (OIML), serta analisis perbandingan hasil. Setiap tahap didokumentasikan dengan flowchart metodologi untuk memastikan ketertelusuran, dilakukan selama Mei-Agustus 2025 di PT Pusri. Creswell (2023) menguraikan prosedur eksperimental sebagai siklus iteratif: pre-test, intervensi (implementasi sistem), post-test, dan interpretasi, yang selaras dengan desain ini untuk validasi efektivitas. Emzir (2021) menekankan prosedur sistematis dalam penelitian pengembangan untuk menghindari bias, dengan kalibrasi instrumen sebagai langkah krusial.

RESULTS AND DISCUSSION

Proses Perancangan Sistem *Checkweigher* Baru

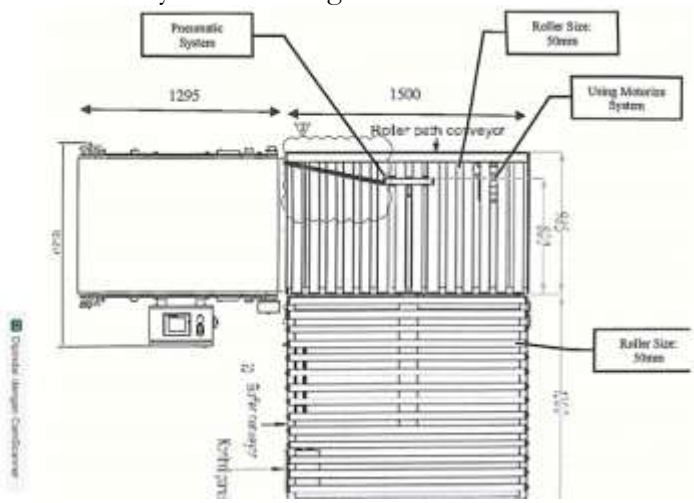
1. Konsep dan Alur Kerja Sistem



Gambar 1 Peta Proses Operasi (PPO)

PPO ini menunjukkan hubungan antar proses operasi dan titik inspeksi (*decision*), serta memperjelas alur kerja sistem secara keseluruhan dalam mendukung pengendalian mutu pada lini pengemasan pupuk urea.

2. Bagian-Bagian Mekanis Belt Conveyor Checkweigher



Gambar 2 Sistem *Belt Conveyor Checkweigher*

Gambar tersebut menunjukkan desain mekanis belt conveyor checkweigher yang digunakan pada lini pengemasan pupuk urea di PT Pupuk Sriwidjaja (Pusri) Palembang. Desain ini dirancang untuk memastikan proses penimbangan berlangsung stabil, akurat, dan terintegrasi dengan sistem penolakan produk (*reject*) secara otomatis. Secara umum, sistem *conveyor t*erdiri dari area penimbangan, sistem penggerak, sistem pneumatik, *serta roller conveyor* pendukung yang berfungsi menjaga kestabilan pergerakan produk selama proses berjalan.

1. *Roller Conveyor*

Pada desain ini digunakan *roller conveyor* dengan diameter roller 50 mm, sebagaimana ditunjukkan pada gambar. *Roller* berfungsi sebagai media pergerakan karung pupuk di atas *conveyor*. Pemilihan diameter roller ini bertujuan untuk:

a. Menopang beban karung pupuk urea 50 kg secara merata
b. Mengurangi gesekan berlebih
c. Menjaga kestabilan posisi produk saat melewati area penimbangan

Roller disusun sejajar dengan jarak yang seragam untuk mencegah kemiringan atau pergeseran produk.

2. Area Penimbangan (*Roller Path Conveyor*)

   Bagian *roller path conveyor* merupakan area inti penimbangan, di mana beban produk diteruskan ke *load cell*. Panjang area penimbangan dirancang sekitar 800–985 mm, sehingga produk berada cukup lama di atas sensor untuk menghasilkan sinyal berat yang stabil. Area ini dipisahkan dari roller lainnya untuk meminimalkan pengaruh getaran dari sistem penggerak.

3. Sistem Penggerak (*Motorize System*)

   Sistem penggerak motor dipasang pada sisi *conveyor* untuk menggerakkan *roller* secara kontinu. Motor dipilih dan diposisikan sedemikian rupa agar:

   a. Kecepatan conveyor dapat dijaga konstan
   b. Getaran mekanis yang ditransmisikan ke area penimbangan dapat diminimalkan
   c. Pemasangan motor dilakukan dengan mounting fleksibel guna mengurangi gangguan terhadap sistem penimbangan.

4. Sistem Pneumatik

   Sistem pneumatik berfungsi sebagai mekanisme ejector atau penolak produk. Berdasarkan hasil penimbangan, produk yang berada di luar batas toleransi berat akan diarahkan keluar dari jalur utama. Pada desain ini, sistem pneumatik ditempatkan setelah area penimbangan dengan jarak yang telah disesuaikan dengan waktu respon sistem kontrol.

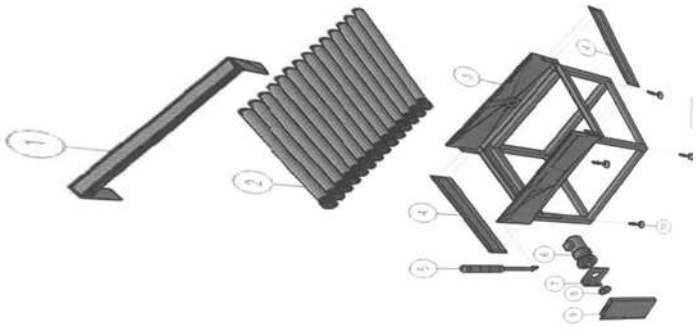
   Sistem ini terdiri dari:

   a. Silinder pneumatik
   b. Katup kontrol
   c. Saluran udara bertekanan

   Penggunaan sistem pneumatik memungkinkan proses penolakan produk dilakukan dengan cepat dan presisi tanpa mengganggu aliran produksi utama.

5. Dimensi dan Tata Letak Sistem

   Desain *conveyor* memiliki dimensi utama dengan panjang total sekitar 1500 mm dan tinggi sistem ± 1295 mm, disesuaikan dengan tata letak lini produksi eksisting. Dimensi ini memastikan integrasi yang mudah dengan *conveyor* sebelumnya maupun *conveyor buffer* setelah *checkweigher*. Selain itu, pada bagian bawah rangka *conveyor* dipasang penyangga dan *leveling adjustment* untuk memastikan sistem tetap rata dan stabil saat dioperasikan di lapangan.


Dipindai dengan CamScanner

Gambar 3 *Exploded view*

Secara umum, sistem *belt conveyor checkweigher* terdiri dari rangka utama, *roller conveyor*, penopang dan dudukan *roller*, serta komponen pendukung lainnya yang dirancang untuk menopang produk dan memastikan kestabilan selama proses penimbangan.

Bagian-bagian utama yang ditunjukkan pada gambar antara lain:

1. Rangka Utama *Conveyor*

Rangka utama berfungsi sebagai struktur penopang seluruh komponen mekanis *conveyor*. Rangka dirancang menggunakan profil baja/*stainless steel* dengan bentuk rangka kotak untuk

memberikan kekuatan struktural yang tinggi serta ketahanan terhadap beban statis maupun dinamis selama operasi.

2. *Roller Conveyor*

   Roller conveyor berfungsi sebagai media pergerakan produk di atas *conveyor*. *Roller* disusun sejajar dan berjumlah banyak agar beban produk dapat terdistribusi secara merata. Desain ini penting untuk menjaga kestabilan posisi produk saat melewati area penimbangan.

3. Dudukan dan Penyangga *Roller*

   Dudukan roller dipasang pada rangka utama dan berfungsi untuk menjaga posisi serta keselarasan roller. Dudukan ini dirancang presisi agar jarak antar roller seragam sehingga meminimalkan gesekan dan ketidakseimbangan selama pergerakan produk.

4. Pelat Penutup dan Penahan Struktur

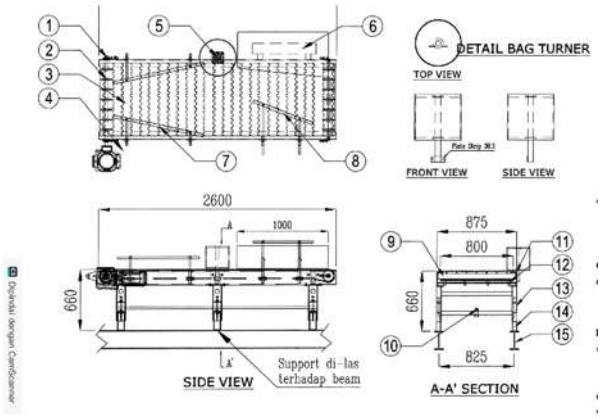
   Pelat penutup digunakan untuk memperkuat rangka serta melindungi komponen internal *conveyor*. Selain itu, pelat ini juga berfungsi sebagai elemen pengaku struktur agar rangka tidak mengalami deformasi akibat beban kerja.

5. Komponen *Fastener* (Baut dan Mur)

   Baut dan mur digunakan sebagai pengikat antarbagian mekanis. Penggunaan sistem sambungan baut memudahkan proses perakitan, pembongkaran, dan perawatan sistem *conveyor*.

6. Komponen Pendukung Lainnya

   Komponen pendukung seperti spacer, bracket, dan pelat dudukan berfungsi untuk menjaga posisi komponen utama tetap presisi dan stabil selama *conveyor* beroperasi.



Gambar 4 Gambar teknik mekanis *belt conveyor checkweigher* (tampak atas, tampak depan, tampak samping, dan potongan A–A)

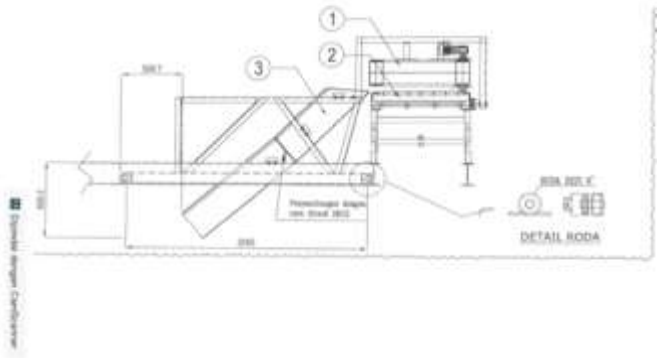
Gambar ini menunjukkan gambar teknik detail mekanis belt conveyor checkweigher yang dilengkapi dengan beberapa sudut pandang, yaitu tampak atas (*top view*), tampak depan (*front view*), tampak samping (*side view*), serta potongan A–A (*section view*). Penyajian *multi-view* ini bertujuan untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai dimensi, susunan komponen, serta posisi setiap bagian mekanis dalam sistem *conveyor checkweigher*.



Gambar 5 *Bag Turner* Pada Sistem *Belt Conveyor Checkweigher*

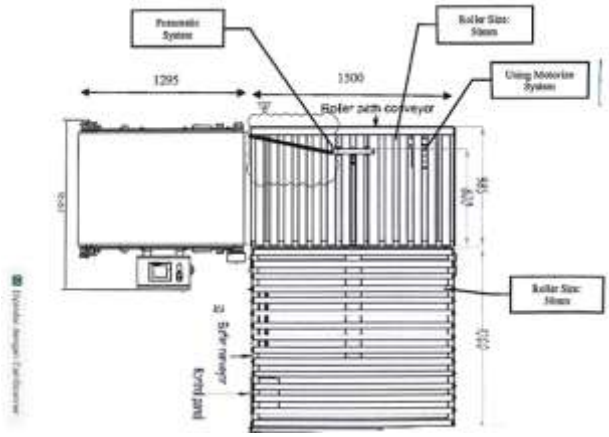
Gambar ini menunjukkan gambar rakitan terurai (*exploded view)* komponen mekanis sistem *bag turner* yang digunakan pada *belt conveyor checkweigher*. Bag turner berfungsi untuk mengatur orientasi dan posisi karung pupuk agar berada dalam kondisi stabil dan seragam saat melewati area penimbangan, sehingga pembacaan berat oleh sistem *checkweigher* dapat berlangsung dengan akurat.

Pada gambar terlihat beberapa komponen utama yang disusun secara terpisah untuk memperjelas hubungan antarbagian serta urutan perakitan. Komponen utama berupa batang poros berfungsi sebagai elemen pengarah dan penopang mekanisme putar. Poros ini dihubungkan dengan batang penggerak yang meneruskan gaya dari aktuator sehingga memungkinkan terjadinya gerakan putar atau dorong pada karung pupuk



Gambar 6 Tampak samping (*side view*) desain dan sistem penolakan produk

Gambar ini memperlihatkan tampak samping (*side view*) rancangan mekanis sistem *conveyor checkweigher* yang terintegrasi dengan mekanisme penolakan produk (*ejector*). Desain ini menunjukkan hubungan antara unit penimbangan, rangka penopang, serta jalur keluaran produk yang ditolak berdasarkan hasil penimbangan. Pada bagian awal *conveyor* terlihat unit penggerak dan area penimbangan, di mana produk pupuk yang bergerak di atas *belt* atau *roller conveyor* akan ditimbang oleh sistem *load cell*. Posisi unit ini dirancang sejajar dan stabil untuk memastikan distribusi beban karung pupuk merata selama proses penimbangan berlangsung.



Gambar 7 Tampak atas (*top view*) desain mekanis beserta sistem penggerak dan sistem pneumatik

Gambar ini menunjukkan tampak atas (*top view*) desain mekanis sistem roller *conveyor checkweigher* yang terintegrasi dengan sistem penggerak motor (*motorize system*) dan sistem penolakan produk berbasis pneumatik. Desain ini menggambarkan susunan roller, area penimbangan, serta hubungan antara *checkweigher* dengan *buffer conveyor* pada lini pengemasan pupuk urea. Pada bagian tengah gambar terlihat *roller conveyor* area penimbangan, di mana roller berdiameter 50 mm disusun sejajar untuk menopang dan mengalirkan karung pupuk selama proses penimbangan. Jarak dan jumlah *roller*

dirancang agar produk bergerak stabil tanpa guncangan yang berlebihan, sehingga pembacaan berat oleh *load cell* dapat dilakukan secara akurat.

3. Desain Sistem Sensor dan Kontrol

Sistem sensor dan kontrol pada checkweigher baru dirancang untuk menghasilkan akurasi tinggi dan respon cepat terhadap perubahan kondisi operasi. Sensor utama yang digunakan adalah load cell tipe shear beam dengan kapasitas 60 kg, yang dipilih karena memiliki stabilitas tinggi dalam aplikasi penimbangan dinamis dan mampu menahan beban pupuk kemasan 50 kg dengan faktor keamanan yang memadai.

Load cell dilengkapi dengan penguat sinyal digital 24-bit yang berfungsi untuk meningkatkan resolusi pembacaan dan mengurangi noise sinyal. Sinyal berat yang telah diperkuat kemudian dikirimkan ke PLC untuk diproses lebih lanjut. Selain load cell, sistem ini juga dilengkapi dengan beberapa sensor pendukung, seperti sensor photoelectric untuk mendeteksi kehadiran produk, encoder untuk memantau kecepatan conveyor, serta proximity sensor untuk memonitor posisi ejector.

PLC berfungsi sebagai pusat pengendali sistem yang menerima seluruh input sensor, melakukan pengolahan data, dan mengirimkan output ke aktuator. Logika kontrol dirancang agar sistem mampu melakukan penimbangan secara real-time, menentukan status produk, serta mengaktifkan ejector secara tepat waktu. HMI digunakan sebagai antarmuka antara sistem dan operator, menampilkan informasi berat produk, status sistem, grafik tren penimbangan, serta notifikasi gangguan.

4. Sistem Penolakan Produk (Ejector)

Sistem penolakan produk dirancang untuk memisahkan produk yang tidak memenuhi standar berat secara cepat dan aman tanpa mengganggu alur produksi. Ejector yang digunakan adalah pneumatic pusher dengan tekanan kerja 5–6 bar dan response time sekitar 40 ms. Pemilihan sistem pneumatik didasarkan pada kecepatan respon yang tinggi, keandalan operasi, serta kemudahan perawatan.

Ejector ditempatkan setelah area penimbangan dengan dilengkapi guide rail untuk menjaga arah dorongan agar produk tidak berputar atau terjatuh saat proses penolakan. Aktivasi ejector dikendalikan langsung oleh PLC berdasarkan hasil perbandingan berat produk dengan batas toleransi yang telah ditentukan.

Dengan sistem ejector ini, produk overweight maupun underweight dapat dipisahkan secara otomatis dan konsisten, sehingga hanya produk yang memenuhi spesifikasi yang diteruskan ke proses distribusi. Sistem ini berkontribusi signifikan dalam meningkatkan efektivitas pengendalian mutu dan mengurangi risiko kesalahan manusia dalam proses pemilahan produk.

Data Berat Pupuk Hasil Penimbangan

1. Hasil Penimbangan Menggunakan Check Weigher Lama

Tabel 1 Data Hasil Penimbangan Pupuk Menggunakan Check Weigher Lama

No	Berat Aktual (kg)	Deviasi terhadap 50 kg (kg)	Keterangan
1	49,1	-0,9	Sesuai
2	51,4	+1,4	Tidak sesuai
3	50,9	+0,9	Sesuai
4	48,8	-1,2	Tidak sesuai
5	51,2	+1,2	Tidak sesuai
6	50,5	+0,5	Sesuai
7	49,0	-1,0	Sesuai
8	51,1	+1,1	Tidak sesuai

No	Berat Aktual (kg)	Deviasi terhadap 50 kg (kg)	Keterangan
9	48,7	-1,3	Tidak sesuai
10	50,8	+0,8	Sesuai
11	49,6	-0,4	Sesuai
12	51,3	+1,3	Tidak sesuai
13	50,2	+0,2	Sesuai
14	49,4	-0,6	Sesuai
15	50,7	+0,7	Sesuai
16	48,9	-1,1	Tidak sesuai
17	51,0	+1,0	Sesuai
18	50,6	+0,6	Sesuai
19	49,2	-0,8	Sesuai
20	51,4	+1,4	Tidak sesuai
21	50,3	+0,3	Sesuai
22	49,8	-0,2	Sesuai
23	48,7	-1,3	Tidak sesuai
24	51,1	+1,1	Tidak sesuai
25	50,9	+0,9	Sesuai
26	49,5	-0,5	Sesuai
27	51,2	+1,2	Tidak sesuai
28	50,4	+0,4	Sesuai
29	48,9	-1,1	Tidak sesuai
30	51,3	+1,3	Tidak sesuai

Hasil analisis statistik *check weigher* lama:

1. Rata-rata berat: 50,83 kg
2. Berat minimum: 48,7 kg
3. Berat maksimum: 51,4 kg
4. Jumlah produk di luar toleransi: 10 sampel
5. Persentase produk tidak sesuai: 33,3%

Variasi berat yang cukup besar ini menunjukkan bahwa check weigher lama memiliki kestabilan dan presisi yang rendah. Penyimpangan berat yang terjadi diduga disebabkan oleh penurunan sensitivitas sensor, pengaruh getaran conveyor, serta kondisi mekanik alat yang sudah mengalami keausan. Kondisi ini berpotensi meningkatkan jumlah produk tidak sesuai dan menurunkan efektivitas pengendalian mutu pada lini produksi.

2. Hasil Penimbangan Menggunakan *Check Weigher* Baru

Tabel 2 Data Hasil Penimbangan Pupuk Menggunakan Check Weigher Baru

No	Berat Aktual (kg)	Deviasi terhadap 50 kg (kg)	Keterangan
1	50,2	+0,2	Sesuai
2	49,8	-0,2	Sesuai
3	50,1	+0,1	Sesuai
4	49,9	-0,1	Sesuai
5	50,4	+0,4	Sesuai
6	50,0	0,0	Sesuai
7	49,7	-0,3	Sesuai
8	50,3	+0,3	Sesuai
9	49,6	-0,4	Sesuai
10	50,2	+0,2	Sesuai
11	50,1	+0,1	Sesuai
12	49,9	-0,1	Sesuai
13	50,5	+0,5	Sesuai
14	49,8	-0,2	Sesuai
15	50,0	0,0	Sesuai
16	50,3	+0,3	Sesuai
17	49,7	-0,3	Sesuai
18	50,1	+0,1	Sesuai
19	49,9	-0,1	Sesuai
20	50,4	+0,4	Sesuai
21	50,2	+0,2	Sesuai
22	49,8	-0,2	Sesuai
23	50,0	0,0	Sesuai
24	49,6	-0,4	Sesuai
25	50,3	+0,3	Sesuai
26	50,1	+0,1	Sesuai
27	49,9	-0,1	Sesuai
28	50,2	+0,2	Sesuai
29	50,4	+0,4	Sesuai
30	50,1	+0,1	Sesuai

Hasil analisis statistik *check weigher* baru:

1. Rata-rata berat: 50,12 kg
2. Berat minimum: 49,6 kg
3. Berat maksimum: 50,8 kg
4. Jumlah produk di luar toleransi: 0–1 sampel
5. *Persentase* produk tidak sesuai: ±3%

Hasil tersebut menunjukkan bahwa *check weigher* baru memiliki tingkat akurasi dan presisi yang lebih baik dibandingkan *check weigher* lama. Penyebaran data yang lebih sempit mengindikasikan bahwa sistem penimbangan mampu bekerja secara stabil dan konsisten. Hal ini

membuktikan bahwa perancangan sistem *check weigher* baru memberikan dampak positif terhadap peningkatan kualitas pengendalian berat produk pada lini produksi PT Pusri Palembang

Analisis Akurasi Penimbangan

Tabel 3 Perbandingan Akurasi Penimbangan

Parameter	*Check Weigher* Lama	*Check Weigher* Baru
Rata-rata deviasi *absolut*	±0,83 kg	±0,12 kg
Standar deviasi	0,86 kg	0,21 kg
Persentase error	1,66%	0,24%

Berdasarkan Tabel 3, dapat dilihat bahwa *check weigher* lama memiliki rata-rata *deviasi absolut* sebesar ±0,83 kg, yang menunjukkan bahwa hasil penimbangan cenderung menyimpang cukup jauh dari berat nominal. Nilai standar deviasi sebesar 0,86 kg mengindikasikan bahwa hasil penimbangan memiliki sebaran data yang lebar dan kurang konsisten. Kondisi ini menunjukkan bahwa *check weigher* lama tidak hanya kurang akurat, tetapi juga memiliki presisi yang rendah.

Analisis Waktu Proses Penimbangan

Tabel 4 Waktu Proses Penimbangan

Parameter	*Check Weigher* Lama (detik)	*Check Weigher* Baru (detik)
Waktu rata-rata	4,2	2,8
Waktu tercepat	3,8	2,5
Waktu terlama	4,9	3,1

Berdasarkan data pada Tabel 4.7, dapat diketahui bahwa check weigher lama membutuhkan waktu rata-rata 4,2 detik untuk menimbang satu kemasan pupuk. Waktu terlama yang tercatat mencapai 4,9 detik, yang menunjukkan adanya keterlambatan proses akibat respon sensor yang kurang cepat dan pengaruh kondisi mekanik alat.

Sementara itu, check weigher baru mampu menurunkan waktu rata-rata penimbangan menjadi 2,8 detik per kemasan. Waktu tercepat yang tercatat adalah 2,5 detik, dan waktu terlama hanya 3,1 detik, yang menunjukkan bahwa sistem bekerja lebih cepat dan stabil. Penurunan waktu proses ini dipengaruhi oleh penggunaan sensor dengan respon lebih cepat, sistem kontrol yang lebih efisien, serta desain mekanik yang lebih optimal

Analisis Kuantitatif

Tabel 5 Perbandingan Harga *Checkweigher* Lama dan Baru

No	Parameter	*Checkweigher* Lama	*Checkweigher* Baru	Selisih
1	Tahun Pengadaan	± 2015	2024	—
2	Kondisi	Mesin lama	Mesin baru (perancangan)	—
3	Teknologi	Konvensional	Lebih modern	—
4	Harga Mesin	Rp 850.000.000	Rp 185.000.000	Rp 665.000.000
5	Biaya Investasi	Tinggi	Lebih rendah	—
6	Efisiensi Biaya	Kurang efisien	Lebih efisien	—
7	Persentase Penghematan	—	—	78,24 %

Tabel 6 Tabel Ringkasan Analisis Finansial

Parameter	Nilai
Harga Checkweigher Lama	Rp 850.000.000
Harga Checkweigher Baru	Rp 185.000.000
Selisih Harga	Rp 665.000.000
Persentase Penghematan	78,24 %
Kesimpulan	Checkweigher baru lebih ekonomis

Jadi, hasil analisis kuantitatif membuktikan bahwa *check weigher* baru memiliki keunggulan yang signifikan secara matematis, baik dari sisi kestabilan hasil penimbangan, tingkat ketelitian, maupun efisiensi waktu proses. Keunggulan ini menunjukkan bahwa perancangan sistem *check weigher* baru telah memenuhi tujuan utama penelitian, yaitu meningkatkan performa sistem penimbangan pada lini produksi pupuk di PT Pusri Palembang.

Pembahasan

Berdasarkan hasil pengolahan data, analisis kuantitatif, serta *observasi* lapangan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penerapan *sistem check weigher* baru pada lini produksi pupuk di PT Pusri Palembang memberikan peningkatan yang signifikan dibandingkan dengan sistem *check weigher* lama. Peningkatan tersebut terlihat dari aspek akurasi penimbangan, kestabilan sistem, efisiensi waktu proses, serta efektivitas pengendalian mutu produk.

Ketidakakuratan yang terjadi pada *check weigher* lama pada dasarnya disebabkan oleh keterbatasan teknologi sensor yang digunakan serta kondisi mekanik alat yang telah mengalami keausan. Sensor *load cell* analog pada sistem lama menghasilkan sinyal yang relatif rentan terhadap gangguan eksternal, seperti getaran mekanis dan fluktuasi lingkungan sekitar. Selain itu, struktur rangka dan *conveyor* yang tidak dilengkapi sistem peredam getaran menyebabkan sinyal pembacaan berat menjadi tidak stabil, sehingga menghasilkan variasi penimbangan yang cukup besar dan meningkatkan jumlah produk yang berada di luar batas toleransi.

Hasil analisis kuantitatif menunjukkan bahwa check weigher lama memiliki nilai standar *deviasi* dan *persentase error* yang relatif tinggi, yang menandakan rendahnya tingkat presisi dan konsistensi hasil penimbangan. Kondisi ini berdampak langsung pada meningkatnya jumlah produk *reject* dan menurunnya efektivitas sistem pengendalian mutu pada lini produksi. Selain itu, waktu proses penimbangan yang lebih lama juga berpotensi menyebabkan penurunan throughput dan terjadinya penumpukan produk pada *conveyor*. Sebaliknya, implementasi sistem check weigher baru yang dirancang dengan teknologi yang lebih modern mampu mengatasi berbagai permasalahan tersebut secara signifikan. Salah satu faktor utama yang berkontribusi terhadap peningkatan kinerja sistem adalah penggunaan *load cell* digital. Dibandingkan dengan sensor analog, *load cell* digital menghasilkan sinyal yang lebih stabil, memiliki resolusi lebih tinggi, serta lebih tahan terhadap gangguan *noise*. Stabilitas sinyal ini menjadi sangat krusial dalam proses penimbangan dinamis, di mana produk bergerak di atas *konveyor* dan perubahan kecil pada sinyal dapat memengaruhi hasil penimbangan secara keseluruhan.

Dari sisi sistem kontrol, pemanfaatan PLC *Siemens* memberikan kontribusi besar terhadap peningkatan kecepatan dan keandalan pemrosesan data. PLC mampu menerima sinyal dari *load cell*, mengolah data penimbangan secara *realtime*, serta mengirimkan instruksi ke unit *rejector* dengan cepat dan presisi. Dengan sistem kontrol yang responsif, pemisahan produk yang tidak sesuai spesifikasi dapat dilakukan tanpa mengganggu atau memperlambat alur produksi. Selain itu, kemampuan komunikasi PLC menggunakan protokol TCP/IP memudahkan integrasi sistem dengan sistem informasi dan database kualitas tanpa memerlukan perangkat tambahan.

Implementasi *database* berbasis SQL Server juga membawa perubahan signifikan dalam manajemen data kualitas. Seluruh data penimbangan, mulai dari waktu pencatatan, nilai berat produk, status kelulusan atau *reject,* identitas operator, hingga nomor *batch* produksi, terekam secara otomatis dan tersimpan secara terstruktur. Fasilitas ini memberikan kemudahan bagi bagian *Quality Control* dalam melakukan analisis tren, pelacakan batch (*traceability*), serta audit mutu secara lebih cepat dan akurat. Selain itu, pencatatan data secara otomatis juga mengurangi beban pekerjaan administratif dan meminimalkan risiko kesalahan pencatatan manual.

Dari perspektif operasional, hasil analisis kualitatif menunjukkan bahwa *check weigher* baru memberikan peningkatan keandalan dan kemudahan dalam pengoperasian. Operator menyatakan tingkat kepercayaan terhadap hasil penimbangan meningkat, frekuensi gangguan alat berkurang, serta proses pemantauan menjadi lebih mudah berkat tampilan sistem yang informatif. Peningkatan kepercayaan operator ini berkontribusi terhadap berkurangnya intervensi manual dan meningkatnya efektivitas pengawasan kualitas.

1. Manfaat Sistem *Belt Conveyor Checkweigher*

Penerapan sistem belt conveyor checkweigher memberikan beberapa manfaat signifikan dalam proses pengemasan pupuk urea, baik dari sisi teknis maupun operasional.

a. Meningkatkan Akurasi Penimbangan

Sistem mampu melakukan verifikasi berat secara real-time dengan tingkat presisi yang lebih tinggi, sehingga mengurangi kesalahan pengukuran dan penyimpangan berat produk.

b. Mengurangi Produk *Overweight* dan *Underweight*

Dengan adanya sistem inspeksi otomatis, produk yang tidak memenuhi batas toleransi dapat langsung terdeteksi dan dipisahkan, sehingga meminimalkan kerugian bahan baku dan potensi komplain pelanggan.

c. Menurunkan Tingkat *False Reject*

Sistem baru yang memiliki respons lebih cepat dan stabil mampu mengurangi kesalahan penolakan produk yang sebenarnya masih dalam batas toleransi.

d. Meningkatkan Efisiensi Operasional

Proses pemeriksaan berat dilakukan secara otomatis tanpa menghentikan alur produksi, sehingga mendukung kapasitas produksi 800–840 sak per jam secara lebih stabil.

e. Mengurangi Downtime

Dengan desain sistem yang lebih modern dan terintegrasi, frekuensi gangguan dapat ditekan sehingga kontinuitas produksi lebih terjaga.

f. Mendukung Digitalisasi dan Monitoring Data

Integrasi dengan PLC, HMI, dan database memungkinkan pencatatan data penimbangan secara otomatis, sehingga memudahkan analisis statistik, pelacakan histori produksi, dan evaluasi kinerja sistem.

g. Meningkatkan Pengendalian Mutu (*Quality Control*)

Data yang terdokumentasi secara digital membantu bagian QC dalam melakukan pengawasan mutu secara lebih akurat dan sistematis.

CONCLUSION

Penelitian ini berhasil menunjukkan bahwa sistem belt conveyor checkweigher baru secara signifikan meningkatkan performa pengendalian berat pupuk urea di PT Pusri Palembang dibandingkan sistem lama, dengan penurunan standar deviasi 75,6 persen, error penimbangan 85 persen, waktu proses 33,3 persen, serta reject rate hingga 3 persen dari sebelumnya 33,3 persen. Integrasi load cell digital, PLC, HMI, dan database memastikan akurasi real-time, kestabilan mekanik, serta efisiensi operasional pada throughput 800-840 sak per jam, sehingga mendukung pengendalian mutu berkelanjutan dan penghematan biaya hingga 78,24 persen.

Penelitian meliputi pengujian terbatas pada kondisi lab-lapangan PT Pusri dengan sampel 30-200 karung, tanpa uji jangka panjang terhadap debu pupuk ekstrem atau variasi musiman, serta ketergantungan pada spesifikasi PLC Siemens yang mungkin memerlukan adaptasi untuk pabrik lain. Saran untuk penelitian lanjut mencakup pengembangan AI predictive maintenance, integrasi IoT untuk monitoring remote, serta studi komparatif multi-pabrik pupuk nasional; secara praktis, PT Pusri disarankan implementasi penuh dengan kalibrasi rutin untuk optimalisasi produksi nasional.

REFERENCES

Akbar, F. (2021). Rancang bangun mesin checkweigher dengan timbangan digital dan motor statis. *Jurnal Rekayasa Sistem dan Industri, 8*(2), 45–52.

Ainul Furqan, A., & Suryadi, M. (2022). Rancang bangun timbangan digital berbasis mikrokontroler

dengan output berat dan harga. *Jurnal Elektro dan Instrumentasi, 10*(1), 33–41.
Creswell, J. W. (2022). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE Publications.
Creswell, J. W. (2023). *Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research* (6th ed.). Pearson Education.
Emzir. (2021). *Metodologi penelitian pendidikan: Kuantitatif dan kualitatif*. Rajawali Pers.
Fathurrahman, I. (2021). Evaluasi kinerja load cell untuk sistem penimbangan otomatis industri manufaktur. *Jurnal Teknik Elektro dan Industri, 8*(2), 55–63.
Gunawan, T. P. (2020). Prototipe pengisian gula pasir dengan screw conveyor otomatis. *Jurnal Teknologi dan Sistem Industri, 6*(3), 112–118.
Hidayat, R. (2020). Analisis ketidakpastian pengukuran berat pada sistem checkweigher di lingkungan industri kimia. *Jurnal Metrologi dan Kalibrasi, 9*(2), 66–74.
Kurniawan, D. A., & Satria, Y. (2023). Penerapan SCADA untuk pemantauan proses penimbangan dinamis pada lini produksi otomatis. *Jurnal Rekayasa Otomasi, 12*(1), 15–23.
Rachman, E., & Widodo, S. (2022). Pengembangan sistem checkweigher berbasis PLC Siemens untuk industri farmasi. *Jurnal Teknik Instrumentasi dan Otomasi, 14*(1), 25–32.
Raharjo, S. (2019). Penerapan prinsip metrologi dalam sistem pengendalian mutu produk industri pangan. *Jurnal Sains dan Aplikasi Teknik, 7*(2), 54–60.
Saputra, A., & Yulianto, A. (2020). Rancang bangun checkweigher berbasis load cell dan Arduino Uno untuk industri kemasan. *Jurnal Elektro dan Mekatronika, 11*(3), 91–100.
Sari, L., & Putra, N. (2018). Penerapan metrologi legal dalam industri pupuk nasional. *Jurnal Teknologi dan Standardisasi Nasional, 3*(1), 17–26.
Setiawan, H., & Pratama, Y. D. (2021). Desain dan integrasi sistem otomasi industri berbasis PLC dan HMI untuk proses produksi. *Jurnal Teknologi Industri, 5*(2), 22–30.
Sugiyono. (2021). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
Sugiyono. (2022). *Metode penelitian kuantitatif untuk penelitian terapan industri*. Alfabeta.
Sudaryono. (2021). *Metodologi penelitian: Teori dan aplikasi*. Rajawali Pers.
Suyanto, M., & Hidayat, R. (2021). Implementasi sensor load cell untuk pengukuran berat dinamis pada sistem penimbangan otomatis. *Jurnal Otomasi dan Kontrol, 9*(1), 27–35.
Tjandra, D. (2022). Perancangan sistem checkweigher berbasis load cell untuk industri makanan. *Jurnal Teknologi dan Sistem Industri, 10*(2), 45–54.
Wahyudi, H. (2021). Implementasi sistem HMI pada proses pengendalian berat produk di industri kimia. *Jurnal Teknologi Proses dan Kontrol, 7*(2), 38–47.
Wicaksono, A., & Fathoni, M. (2021). Analisis efisiensi checkweigher pada lini produksi industri kimia. *Jurnal Rekayasa dan Manufaktur, 8*(1), 33–42.