

Rancang Bangun Alat Timbangan Digital dengan *Load Cell Sensor*

M. Ridwan Arif Cahyono¹⁾
Teknik Elektronika, Politeknik Gajah Tunggal
ridwan@poltek-gt.ac.id

Dharmanto²⁾
Teknik Mesin, Politeknik Gajah Tunggal
dharmanto@poltek-gt.ac.id

Rian Febrianto³⁾
Teknik Elektronika, Politeknik Gajah Tunggal
rianfebrianto2130@gmail.com

ABSTRAK

Pekerja di area penimbangan rigid foam block di PT IIA menghadapi risiko ergonomi akibat aktivitas manual yang berulang dan postur tubuh yang tidak ideal. Hal ini berpotensi menyebabkan keluhan pada otot dan sendi serta meningkatkan risiko Musculoskeletal Disorders (MSDs). Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun alat timbangan digital ergonomis berbasis sensor load cell guna mengurangi risiko kerja dan meningkatkan efisiensi proses produksi. Analisis postur menggunakan metode Rapid Entire Body Assessment (REBA) dilakukan untuk mengevaluasi risiko ergonomi sebelum perancangan alat. Desain alat dirancang sesuai dengan dimensi antropometri pekerja dan diuji untuk memastikan keakuratan pembacaan berat melalui kalibrasi dan pengujian linieritas sensor. Hasil pengujian menunjukkan tingkat kesalahan rata-rata hanya sebesar 0,024%, yang masih berada dalam batas toleransi standar sensor. Dengan demikian, alat timbangan digital yang dirancang dapat dinyatakan ergonomis, akurat, dan layak digunakan dalam proses produksi.

Kata Kunci : Timbangan-Digital, *Load-Cell*, Ergonomi, *REBA*, *MSDs*, Kalibrasi-Sensor.

ABSTRACT

Workers in the rigid foam block weighing area at PT IIA are exposed to ergonomic risks due to repetitive manual tasks and non-ideal working postures. These conditions can lead to musculoskeletal complaints and increase the risk of Musculoskeletal Disorders (MSDs). This study aims to design and develop an ergonomic digital weighing device using a load cell sensor to reduce occupational risks and improve production process efficiency. Postural analysis using the Rapid Entire Body Assessment (REBA) method was conducted to evaluate ergonomic risks prior to equipment design. The weighing tool was designed based on workers' anthropometric dimensions and tested to ensure weight measurement accuracy through calibration and sensor linearity testing. The test results show an average error rate of only 0.024%, which falls within the acceptable tolerance limits of the sensor. Therefore, the digital weighing device is considered ergonomic, accurate, and feasible for use in the production process.

Keywords : *Digital-Weighing-Scale, Load-Cell, Ergonomics, REBA, MSDs, Sensor-Calibration.*

I. PENDAHULUAN

Industri manufaktur saat ini berkembang dengan sangat cepat, sebagaimana dibuktikan oleh pertumbuhan kegiatan manufaktur di Indonesia yang memungkinkan peralihan dari *commodity based* menjadi *manufacture based* [1]. Perkembangan teknologi yang semakin canggih menjadi faktor yang melandasi pertumbuhan industri manufaktur di Indonesia dan mendorong proses produksi dapat berjalan secara otomatis, sehingga menghasilkan produk yang melimpah [2]. Industri otomotif di Indonesia memiliki peranan penting sebagai salah satu penyumbang terbesar pertumbuhan ekonomi nasional [3]. Sektor tersebut juga menggunakan banyak tenaga manusia dalam proses produksi [4]. Oleh karena itu, keamanan dan kenyamanan tempat kerja menjadi elemen penting dalam memastikan kesejahteraan dan produktivitas para pekerja. Perusahaan dituntut untuk memperhatikan aspek postur dan pergerakan yang ergonomis meminimalkan risiko sehingga pekerja merasa aman dan nyaman dalam menjalankan tugas pekerja. Namun beberapa perusahaan masih belum memperhatikan aspek tersebut seperti fasilitas kerja yang kurang layak yang dapat menyebabkan ketidaknyamanan bagi para pekerja. Postur kerja yang tidak ergonomis, disertai dengan aktivitas berulang dalam jangka waktu yang lama, jika dilakukan secara terus-menerus akan mengalami gangguan nyeri pada otot dan sendi, serta meningkatkan risiko cedera. Selain itu, dampak lain yang ditimbulkan dari permasalahan tersebut yaitu munculnya penyakit *Musculoskeletal Disorders* (MSDs). MSDs sering terjadi pada bagian tulang, otot, tendon, sendi, ligamen, pembuluh darah, dan saraf. *World Health Organization* (WHO) menyebutkan sekitar 1,71 miliar orang di seluruh dunia pada tahun 2021 mengalami MSDs atau gangguan pada otot dan rangka. MSDs dapat terjadi pada setiap tahap manufaktur yang disebabkan ketidaksesuaian antara lingkungan kerja dengan tuntutan pekerjaan dan kinerja seseorang yang melebihi kapasitas seseorang, misalnya posisi tubuh yang ekstrem, membungkuk berulang kali, dan mengeluarkan tenaga besar.

PT IIA merupakan sebuah perusahaan yang bergerak dalam industri manufaktur busa uretan, produk rumah tangga, dan produk komponen otomotif. PT IIA yang berlokasi di Karawang terdiri dari 2 pabrik (Factory), salah satunya yaitu Factory I yang memproduksi komponen otomotif yang terdiri *headlining roof*, *seat cushion*, *headrest*, *armrest*, *rear spoiler*, dan komponen otomotif lainnya. *Headlining roof* merupakan komponen pada kendaraan roda empat yang berfungsi sebagai

peredam suara. Pada proses produksi *headlining roof* terdapat proses pembuatan beberapa profil bahan, salah satunya adalah *sliced rigid foam* yang merupakan hasil dari proses pengirisan (*slicing*) material berupa *rigid foam block*. Proses pembuatan material tersebut harus melalui beberapa tahapan, mulai dari pencampuran material, pengembangan material, pengepresan material, pendinginan, penimbangan, dan *slicing*.

Headlining merupakan bagian atap pada kerangka mobil. Salah satu bagian yang sangat penting karena seperti yang kita ketahui bahwa setiap mobil sudah pasti memiliki atap. Pembuatan atap ini juga memerhatikan kekuatan dan daya tahan dari bahan yang digunakan tentunya agar *headlining roof* dapat digunakan dalam jangka waktu yang cukup lama. Selain itu, kebutuhan *customer* juga tak luput dari perhatian, dengan menggunakan bahan yang memiliki daya tahan yang kuat tentu menjadi perhatian untuk tim produksi dalam proses pembuatan *headlining roof* yang tidak hanya memiliki bahan yang awet dan tahan lama, juga nyaman pada saat digunakan.



Gambar 1. Proses Penimbangan *Rigid Foam*

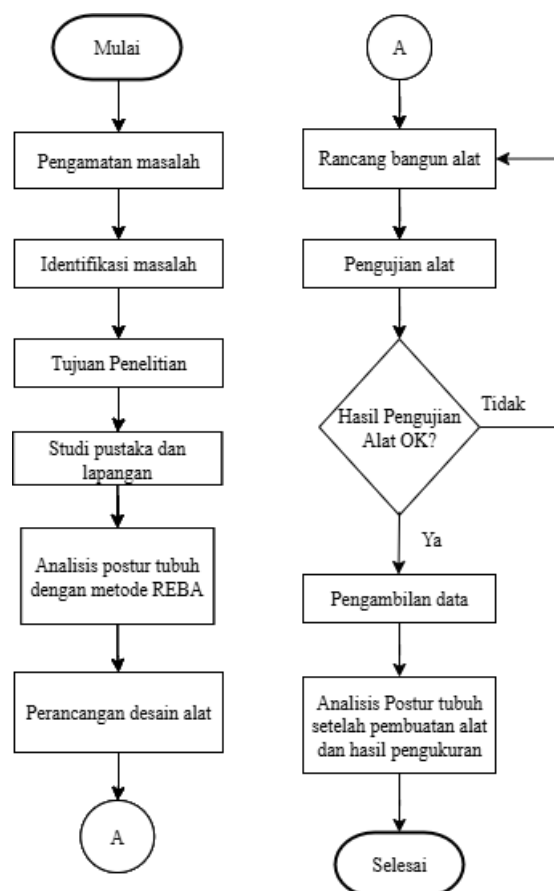
Permasalahan yang timbul di area penimbangan rigid foam block PT IIA ditunjukkan pada Gambar 1 yaitu kegiatan penimbangan *rigid foam* mengharuskan operator mengangkat ke atas timbangan dengan jumlah produksi *rigid foam block* rata-rata sebanyak 30 pcs per shift. Hal tersebut menyebabkan keluhan yang dialami operator seperti nyeri yang dapat menyebabkan otot melemah sehingga pekerjaan secara manual lebih sulit secara fisik dan mengganggu kinerja operator. Kegiatan yang tidak ergonomis tersebut perlu ditindaklanjuti dengan segera agar operator tidak terindikasi terkena MSDs.

Salah satu langkah yang dapat dilakukan oleh penulis untuk menyelesaikan permasalahan tersebut adalah dengan membuat alat timbangan digital untuk rigid foam dengan melakukan penilaian risiko (*risk assessment*) terhadap postur tubuh operator terlebih dahulu untuk mengetahui tingkat risiko yang dialami operator dan mengurangi risiko MSDs. Beberapa metode yang termasuk dalam metode observasi untuk meminimalkan MSDs yaitu dengan memberikan kuesioner seperti *Nordic Body Map* (NBM), *Nordic Musculoskeletal Questionnaire* (NMQ), dan metode lainnya yang sejenis untuk

mengidentifikasi keluhan yang dialami pekerja selama melakukan pekerjaan yang berpotensi terkena MSDs dan metode observasi (observational method) untuk mengkaji postur tubuh pekerja seperti *Ovako Work Posture Analysis System* (OWAS), *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA), *Rapid Entire Body Assessment* (REBA), *Workplace Ergonomic Risk Assessment* (WEBA), dan lain sebagainya. Penggunaan kuesioner NBM untuk mengetahui bagian tubuh yang sering dikeluhkan dan terasa sakit oleh pekerja saat sebelum dan sesudah melakukan pekerjaan, kemudian mengidentifikasi postur tubuh menggunakan metode REBA karena metode ini dapat menilai postur seluruh tubuh seorang karyawan dengan cepat dan sistematis baik dalam pekerjaan statis maupun pekerjaan yang dinamis untuk mengetahui gambaran postur tubuh para pekerja.

II. METODE PENELITIAN

Berikut merupakan alur penelitian yang digunakan:



Gambar 2. Alur Penelitian

1. Observasi Masalah

Pada tahap ini merupakan proses pengumpulan data kuantitatif yang dilakukan dengan cara

melakukan observasi lapangan dan mendapatkan hasil pengukuran yang dibutuhkan untuk dimensi rancang bangun mesin. Pada penelitian ini data yang diperlukan adalah dimensi tubuh pekerja untuk perhitungan antropometri. Postur pekerja pada bagian slicing tersebut kemudian dianalisis menggunakan metode REBA. Metode tersebut digunakan karena pada proses penimbangan operator dalam posisi membungkuk seperti pada Gambar 1.

2. Identifikasi Masalah

Pada tahap awal penelitian dilakukan identifikasi masalah pada keseluruhan proses produksi yang terletak di area produksi *Headlining* PT IIA. Pada salah satu *section*, terdapat permasalahan yang memerlukan tindakan lanjut dan perbaikan. Permasalahan tersebut terdapat di *section slicing*, di mana sebelum proses *slicing* terdapat proses penimbangan *rigid foam block*. Proses ini masih dilakukan secara manual oleh operator dengan menggunakan timbangan manual sehingga mengharuskan operator bekerja dengan postur yang tidak ergonomis.

3. Tujuan Penelitian

Setelah mengidentifikasi masalah, langkah selanjutnya yaitu menetapkan tujuan penelitian. Pada tahap ini ditetapkan tujuan terkait dengan permasalahan yang terdapat di *section slicing*. Tujuan ini difokuskan pada rancang bangun alat timbangan digital yang sesuai dengan postur tubuh pekerja. Sehingga dengan adanya alat timbangan yang ergonomis diharapkan mampu mengurangi beban kerja dari operator, selain itu para pekerja dapat bekerja dengan aman dan nyaman tanpa mengalami rasa sakit yang ditimbulkan dari adanya gerakan yang tidak ergonomis pada saat proses penimbangan.

4. Studi Pustaka dan Studi Lapangan

Studi pustaka merupakan langkah awal dalam penelitian yang bertujuan untuk mengumpulkan teori yang dapat mendukung data yang dikumpulkan dan memberikan referensi yang lebih terarah pada penelitian. Literatur yang digunakan berasal dari referensi yang dapat dipercaya, seperti buku, artikel, jurnal, tugas akhir, skripsi, atau literatur ilmiah lainnya.

Sementara itu, studi lapangan merupakan tahap penelitian yang melibatkan observasi dan wawancara langsung pada objek penelitian untuk mengumpulkan data primer. Dalam konteks ini, observasi dilakukan di *section slicing* untuk mendapatkan informasi aktual secara langsung. Selain itu, pada tahap ini juga dilakukan perencanaan rancangan alat dengan mempertimbangkan kondisi lokasi dan kebutuhan operator. Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk memperoleh

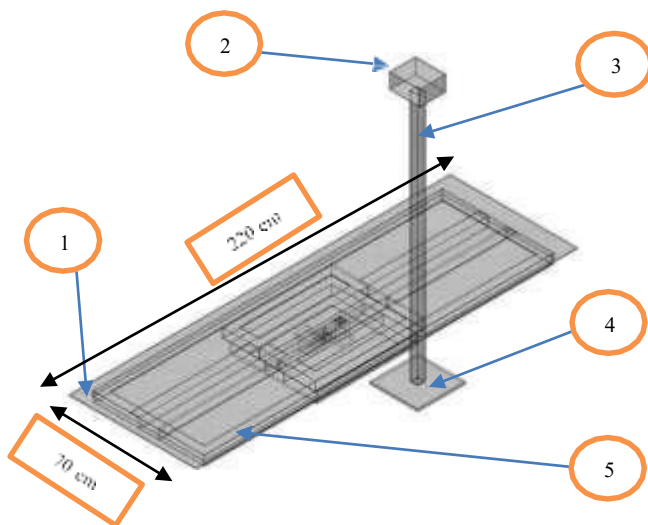
pemahaman yang lebih mendalam tentang kondisi dan kebutuhan di lapangan, sehingga hasil penelitian menjadi lebih relevan dan aplikatif.

5. Perancangan Desain Alat

Pada tahap ini dilakukan desain rancang bangun alat timbangan digital. Pada Gambar 7 merupakan desain alat timbangan digital yang dibuat menggunakan *software* ZW3D.

Note:

1. Platform (240 x 80 cm)
2. Dudukan *weighing indicator* (18,6 x 9,2 cm)
3. Tiang dudukan *weighing* (160 cm)
4. Dudukan tiang (12x12 cm)
5. Plat siku 5x5 untuk kerangka base



Gambar 3. Desain Rancang Bangun Alat Timbangan Digital Rigid Foam Block

6. Rancang Bangun Alat

Pada tahap ini dilakukan perancangan alat yang sudah sesuai dengan desain. Seperti melakukan perancangan desain alat timbangan digital, pembuatan kerangka *base* timbangan, pemasangan *load cell* sensor dan prancangan sistem kalibrasi untuk alat timbangan digital.

6.1 Alat dan bahan

1. Load Cell Sensor

Load Cell sensor merupakan komponen yang berperan sebagai komponen utama dalam proses penimbangan. Cara kerja dari sensor *load cell* yaitu dengan membaca berat dari suatu benda lalu *load cell* menghasilkan arus listrik dengan satuan

tegangan mV. Setelah itu, sinyal akan diteruskan menuju *weighing indicator* AD-4329a melalui kabel dari *load cell* yang berwarna hijau dan biru, sebagai kode warna pengkabelan dari *load cell* sensor. Sedangkan kabel yang berwarna merah dan putih berfungsi sebagai input dan output tegangan yang akan digunakan oleh *load cell*. Serta kabel berwarna kuning digunakan sebagai *shield* atau *grounding* sensor.



Gambar 4. Load Cell Sensor[5].

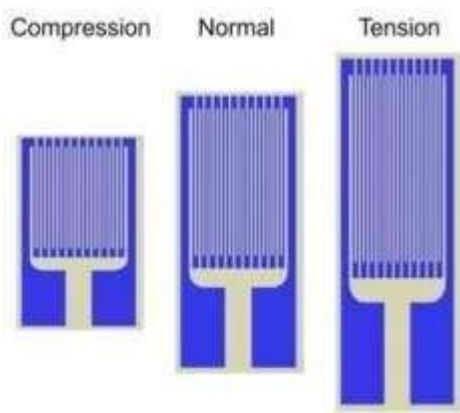
Load cell gerbang penuh (*Full Bridge*) seperti pada Gambar 2 memiliki empat *strain gauge* yang disambungkan ke jembatan *Wheatstone*. Jenis skala yang digunakan mempengaruhi akurasi skala. Nilai resistansi pada *strain gauge* berubah ketika diberikan beban atau tekanan pada sensor timbangan. Prinsip kerja sensor timbangan adalah bahwa ketika sensor mendeteksi berat suatu benda karena tegangan mekanis yang bekerja mengubahnya. Bending beam dan *strain gauge* adalah komponen *load cell* sederhana. Terjadinya atau perubahan bentuk elastis disebabkan oleh reaksi beban pada elemen logam sel beban selama proses penimbangan. *Strain gauge*, yang mengukur 10 regangan, dipasang di elemen beban sel logam. Ini mengubah gaya yang dihasilkan oleh regangan ke dalam sinyal listrik. *Strain gauge* merupakan konduktor yang tersusun secara zig-zag pada permukaan *membrane*, ketika *membrane* tersebut mengalami regangan atau perubahan bentuk secara elastis maka nilai resistansinya akan meningkat.

Load cell adalah alat transduser yang mengubah gaya mekanik menjadi sinyal listrik. Salah satu jenis *load cell* yang umum digunakan adalah *strain gauge load cell*, yang bekerja berdasarkan perubahan resistansi akibat deformasi fisik saat beban diterapkan. Sensor ini umumnya

digunakan dalam sistem penimbangan karena tingkat akurasi yang tinggi dan kemampuannya untuk mengukur gaya secara presisi.

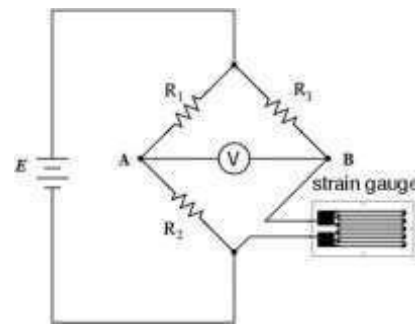
Struktur dasar dari *load cell* biasanya terdiri atas elemen logam yang disebut elastomer, yang akan mengalami regangan atau kompresi ketika dikenai beban. Perubahan bentuk ini akan memengaruhi *strain gauge* yang menempel di permukaannya, sehingga menghasilkan perubahan nilai resistansi. Perubahan resistansi ini kemudian diubah menjadi tegangan listrik yang sangat kecil, dan memerlukan penguatan (amplifikasi) oleh perangkat seperti *weighing indicator*.

Dalam konteks proyek ini, digunakan *load cell* jenis *full bridge* yang memiliki empat *strain gauge* dan dihubungkan dalam konfigurasi *Wheatstone bridge* untuk meningkatkan sensitivitas dan stabilitas pengukuran.



Gambar 5. Sensor strain gauge pada load cell sensor

Strain gauge merupakan salah satu komponen yang digunakan untuk mengukur berat suatu benda. Ini terdiri dari jalur foil logam yang menempel pada permukaan kotak beban, sehingga *strain gauge* akan mengalami regangan (*strain*) ketika *load cell* menerima beban, yang menyebabkan nilai resistansi pada foil grid berubah sebanding dengan regangan karena beban yang diterima. Karena perubahan resistansi yang sangat kecil pada *strain gauge*, rangkaian yang digunakan untuk sensor ini harus *sensitive* terhadap beban. Dan rangkaian yang dimaksud ialah rangkaian jembatan *wheatstone*.



Gambar 6. Konsep Jembatan Wheatstone pada Load Cell Sensor

Jembatan *Wheatstone* merupakan rangkaian listrik yang digunakan untuk mengukur resistansi yang sangat kecil secara akurat, dengan cara membandingkan tegangan pada dua cabang rangkaian. Dalam aplikasi *load cell*, jembatan ini akan mendeteksi perubahan resistansi akibat deformasi elastomer pada sensor.

Ketika sistem dalam keadaan seimbang (tanpa beban), tegangan output antara titik A dan B adalah nol. Saat beban diberikan dan terjadi regangan, salah satu atau beberapa *strain gauge* akan mengalami perubahan resistansi, menghasilkan tegangan output proporsional terhadap gaya yang diterima. Tegangan ini kemudian diperkuat dan diterjemahkan menjadi nilai berat.

Nilai resistansi yang tersusun secara diagonal pada jembatan *Wheatstone* menjadi seimbang, tetapi pada *strain gauge*, nilai resistansi dapat berubah sesuai dengan regangan alami. Akibatnya tegangan pada titik AB tidak sama dengan nol, dan tegangan pada titik A dan B sebanding dengan gaya *strain gauge* yang diterima.

Load cell merupakan sensor yang menghasilkan sinyal listrik sangat kecil dalam satuan milivolt (mV) ketika menerima beban. Sinyal ini terlalu lemah untuk langsung dibaca oleh sistem digital atau perangkat indikator, sehingga diperlukan proses penguatan sinyal sebelum dapat ditampilkan sebagai nilai berat.

Pada sistem timbangan digital ini, sinyal lemah dari *load cell* ditangani oleh *weighing indicator* AD-4329A, yang memiliki fitur internal amplifier (penguat) dan analog-to-digital converter (ADC) beresolusi tinggi. Modul ini mampu menerima sinyal dari sensor dengan sensitivitas sangat kecil dan mengonversinya ke dalam tampilan digital yang mudah dibaca.

Spesifikasi Penanganan Sinyal pada AD-4329A:

1. Input range: ± 3.0 mV/V
2. Resolusi internal ADC: hingga 1/100.000
3. Tersedia pengaturan gain (penguatan) otomatis berdasarkan sinyal masuk
4. Fitur kompensasi suhu dan filter sinyal untuk mengurangi fluktuasi pembacaan
5. Sinyal output dari load cell dikirim melalui jalur:
 - a. SIG+ dan SIG-: sinyal diferensial (output aktif)
 - b. EXC+ dan EXC-: tegangan referensi (excitation) ke sensor
 - c. SHIELD: kabel pelindung untuk mengurangi gangguan elektromagnetik (EMI)

Dengan penggunaan AD-4329A sebagai amplifier sekaligus display, sistem ini mampu mengeliminasi kebutuhan akan modul penguat eksternal seperti HX711 atau INA125. Hal ini membuat sistem menjadi lebih ringkas dan stabil.

Selain itu, penggunaan kabel shielded dan penempatan yang terhindar dari sumber EMI (seperti motor listrik atau inverter) juga menjadi bagian penting dalam menjaga kestabilan sinyal dan mencegah noise yang dapat menyebabkan error pengukuran.

Penggunaan Kabel Shielded

Pada sistem timbangan digital berbasis load cell, penggunaan kabel shielded (kabel berselubung pelindung) sangat penting untuk menjaga kualitas sinyal yang dikirim dari sensor ke weighing indicator. Load cell menghasilkan sinyal analog dengan tegangan sangat kecil (sekitar 1–3 mV/V), sehingga rentan terganggu oleh interferensi elektromagnetik (EMI) dan noise dari lingkungan sekitar, seperti motor listrik, inverter, atau kabel daya AC.

Fungsi Kabel Shielded:

1. Mengurangi Interferensi Elektromagnetik (EMI):
Selubung logam (umumnya anyaman

kawat tembaga) berfungsi seperti pelindung yang menghalangi masuknya gelombang elektromagnetik dari luar ke dalam kabel sinyal.

2. Meningkatkan Stabilitas Sinyal:

Tanpa shield, sinyal dari load cell bisa berfluktuasi akibat induksi medan listrik atau magnet, yang akan menyebabkan pembacaan berat menjadi tidak akurat atau “loncat-loncat”.

3. Menjaga Akurasi Pengukuran:

Karena sinyal dari strain gauge sangat kecil, gangguan sekecil apa pun bisa memengaruhi hasil pembacaan. Shielded cable membantu mempertahankan integritas sinyal dari ujung sensor ke weighing indicator.

Cara Pemasangan:

1. Kabel SHIELD (biasanya berwarna kuning atau logam kosong) harus dihubungkan ke ground (GND), biasanya ke body weighing indicator atau kerangka logam alat.
2. Shield tidak boleh disambungkan di kedua ujung (agar tidak membentuk ground loop), cukup di salah satu sisi saja (umumnya di sisi indicator).
3. Pastikan panjang kabel tidak berlebihan, dan hindari melilit kabel load cell dengan kabel listrik lain.
4. Dengan penggunaan kabel shielded dan grounding yang benar, sistem timbangan akan lebih resisten terhadap noise, lebih stabil, dan menghasilkan pembacaan berat yang lebih akurat dan konsisten, terutama dalam lingkungan industri dengan banyak sumber gangguan listrik.

Sistem timbangan digital yang dirancang membutuhkan sumber daya listrik yang stabil agar seluruh komponen elektronik seperti load cell sensor, weighing indicator, dan display dapat beroperasi secara optimal. Pada proyek ini, digunakan sumber tegangan utama 220V AC yang merupakan standar tegangan listrik di Indonesia.

1. Tegangan Masuk (Input Power)

Weighing indicator AD-4329A yang

digunakan memiliki spesifikasi tegangan input AC 220V, 50/60 Hz.

Tegangan 220V AC ini disuplai langsung dari jaringan listrik PLN dan disambungkan ke perangkat indicator melalui kabel power dengan grounding yang baik.

2. Tegangan Internal (Output/Operasional)

Meskipun input utama adalah 220V AC, weighing indicator memiliki rangkaian internal konversi tegangan (power supply internal) yang menurunkan dan menstabilkan tegangan agar sesuai dengan kebutuhan load cell.

Umumnya, indikator memberikan excitation voltage (EXC+ dan EXC-) sebesar 5V DC ke load cell.

Selain excitation, indikator juga menerima sinyal output dari load cell dalam bentuk tegangan diferensial mV (SIG+ dan SIG-).

2. Weighing Indicator

Weighing indicator merupakan komponen yang berperan sebagai *amplifier* dari tegangan yang dikirimkan oleh *load cell* sensor. Selain tegangan *load cell* sensor juga mengirimkan sinyal hasil pembacaan dari berat benda yang ditimbang. Peranan dari *weighing indicator* yaitu dengan meneruskan hasil pembacaan dari *load cell* sensor sehingga angka yang telah diukur dapat ditampilkan pada layar *monitor* internal dari *weighing indicator*. Langkah-langkah Kalibrasi AD-4329A:

1. Nyalakan Weighing Indicator

Hubungkan perangkat ke sumber listrik 220V AC dan pastikan display menyala.

2. Masuk ke Mode Kalibrasi

Tekan tombol FUNC atau kombinasi tombol sesuai petunjuk pada manual AD-4329A hingga masuk ke menu CAL (calibration).

3. Zero Calibration (Tara)

Pastikan platform kosong. Tekan tombol ZERO untuk mengatur berat awal menjadi nol (0.00 kg) tanpa beban.

4. Place Reference Weight

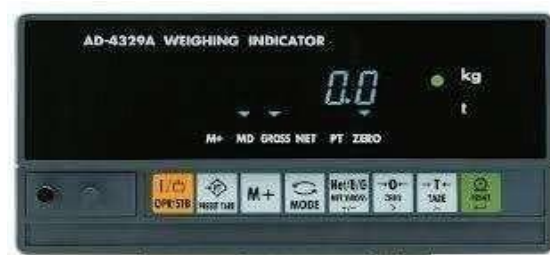
Letakkan beban standar yang diketahui (misalnya 75 kg) di atas platform. Pastikan beban diletakkan tepat di tengah platform agar distribusi merata.

5. Span Calibration

Masukkan nilai berat yang sebenarnya (misal: "75.00 kg") melalui tombol panel. Tekan ENTER atau CAL OK untuk menyimpan nilai kalibrasi.

6. Cek dan Validasi

Lepas beban → pastikan kembali ke 0.00 kg. Coba dengan beban lain (misal: 70 kg, 80 kg) untuk memverifikasi konsistensi pembacaan.



Gambar 7. AD-4329A Weighing Indicator[5].

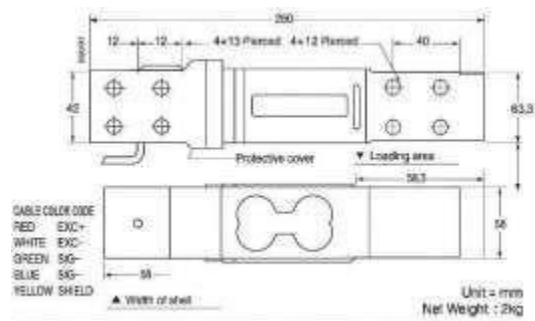
1. Pembuatan Kerangka Base dan Tiang Dudukan Weighing Scale

Pembuatan kerangka dan tiang disesuaikan dengan desain yang telah dibuat seperti pada gambar 7. Kerangka yang dibuat bertujuan untuk memudahkan operator pada saat penimbangan dengan postur tubuh yang nyaman.

2. Pemasangan Load Cell Sensor

Pemasangan load cell dilakukan pada area base timbangan dengan mengambil titik tengah dari ukuran base yang telah dibuat. Sehingga pada saat proses penimbangan data yang diambil dapat akurat. Load cell yang digunakan ialah load cell LC-4204 K600 karena beban yang akan ditimbang cukup besar dan berat, bobot yang akan ditimbang sebesar 70-90kg sehingga dengan kapasitas maksimum load cell 611kg, sangat mampu untuk menahan beban sebesar 70-90kg. Load cell harus dipasang datar dan kaku pada permukaan pemasangan (biasanya logam atau rangka besi). Area "Loading Area" (ditunjukkan pada gambar dengan panah ke bawah) adalah tempat beban ditempatkan. Bagian tengah (dengan bentuk "tulang") adalah area fleksibel yang mendeteksi

perubahan gaya dan jangan diberi beban langsung selain pada titik loading area.



Gambar 8. Wiring Pemasangan *Load Cell*.

3. Pemasangan Baut

Gunakan lubang baut yang tersedia sesuai gambar teknis, yaitu 4x lubang Ø13 mm untuk pengikat ke struktur. Gunakan washer dan baut M12 atau sesuai spesifikasi yang dianjurkan. Permukaan tempat load cell dipasang harus memiliki tingkat kerataan tinggi agar distribusi beban merata.

3. Pengujian Alat

Pada tahap ini dilakukan pengujian dan kalibrasi apakah sesuai yang diinginkan atau masih terdapat *error*. Adapun pengujian terhadap desain kerangka alat yang dibuat, sudah sesuai dengan spesifikasi yang dirancang atau tidak sesuai. Apabila masih terjadi ketidaksesuaian dengan standar dan spesifikasi yang dibutuhkan akan dilakukan kembali ke tahap perancangan. Untuk mengetahui kualitas dari sensor yang digunakan, perlu diketahui apakah sensor yang digunakan sudah linear atau tidak linear. Dengan mengukur tegangan atau voltase dari sensor yang digunakan, maka dapat diketahui apakah sensor yang digunakan linear atau tidak linear. Pengujian dilakukan dengan mengukur tegangan dari *load cell* sensor ketika diberi beban yang bervariasi pada area platform timbangan.

Tabel 1 .Hasil kalibrasi *load cell sensor*

Berat	voltase teoritis
69	0,86335
70	0,87586
71	0,88837
72	0,90088
73	0,9134

Berat	voltase teoritis
74	0,92591
75	0,93842
76	0,95093
77	0,96345
78	0,97596
79	0,98847

1. Berat

Berat diatas merupakan berat benda yang akan ditimbang, dengan berat yang bervariasi diharapkan mampu menguji seberapa *sensitive* sensor yang digunakan untuk pembuatan alat timbangan digital.

2. Voltase

Voltase merupakan tegangan yang dihasilkan dari hasil pembacaan sensor terhadap berat benda yang ditimbang. Akan tetapi pembacaan sensor tidak selalu akurat maka dari itu sensor memiliki toleransi voltase sebesar $\pm 2\%$. Dengan adanya toleransi maka keakuratan sensor dapat diketahui dan sensor dapat dinyatakan layak atau tidak untuk digunakan.

Rumus toleransi:

$$\text{Toleransi} = V_{out} \times 0,02$$

3. Voltase teoritis

Voltase teoretis adalah nilai tegangan listrik (dalam mV) yang seharusnya dihasilkan oleh load cell pada berat tertentu, jika sensor bekerja dengan ideal sesuai spesifikasi pabrikan.

Rumus Voltase teoritis:

$$\text{Voltase teoritis} = \frac{\text{Berat}}{\text{Berat maksimal load cell}} \times V_{out}$$

4. Toleransi bawah dan Toleransi atas

Digunakan untuk menentukan rentang nilai voltase yang masih dianggap wajar/benar. Dengan adanya rentang nilai voltase maka dapat diketahui keakuratan dari hasil pembacaan sensor terhadap berat benda yang ditimbang.

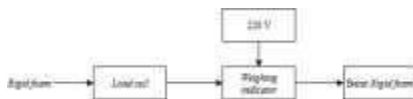
Rumus toleransi bawah:

$$\text{Toleransi bawah} = V_{out} - \text{Toleransi}$$

Rumus toleransi atas:

$$\text{Toleransi atas} = V_{\text{out}} + \text{Toleransi}$$

4. Block Diagram Timbangan digital



Gambar 9. Block Diagram timbangan digital

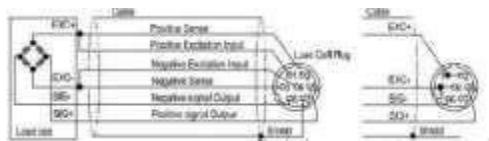
Gambar 15 menunjukkan alat akan bekerja ketika load sensor membaca berat dari rigid foam, lalu weighing indicator akan memperkuat sinyal dengan amplifier internalnya sekaligus menampilkan hasil dari penimbangan berat rigid foam. Tegangan yang digunakan untuk mengaktifkan weighing indicator ialah sebesar 220VAC, sesuai dengan spesifikasi dari modul yang digunakan, agar tidak terjadi over current atau bahkan low current yang dimana tegangan yang digunakan untuk mengaktifkan modul terlalu besar, sehingga bisa menyebabkan kerusakan pada modul, begitupun jika tegangan yang digunakan kurang modul tidak dapat diaktifkan. Untuk koneksi dari tegangan 220V dengan weighing indicator menggunakan kabel power.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Rancang Bangun Alat Timbangan Digital

1. Wiring Load Cell Sensor

Untuk memastikan sinyal dari *load cell* sensor dapat diteruskan menuju *weighing indicator* maka dari itu diperlukan *wiring* untuk memastikan pengkabelan *load cell* sensor sudah sesuai dengan port yang akan digunakan. Seperti pada gambar.



Gambar 10. Wiring Pengkabelan *load cell* sensor.

(Sumber: *manual book AD-4329a*)

Dari Gambar 9. Dapat diketahui ada beberapa port pengkabelan *load cell* diantaranya ada, EXC+, EXC-, SIG+, SIG-, dan *Shield*.

1.1 Excitation +/- (EXC+ / EXC-)

Ini adalah tegangan suplai yang diberikan ke jembatan strain gauge di dalam load cell. Tegangan ini biasanya berasal dari amplifier atau indikator beban.

1.2 Signal +/- (SIG+ / -)

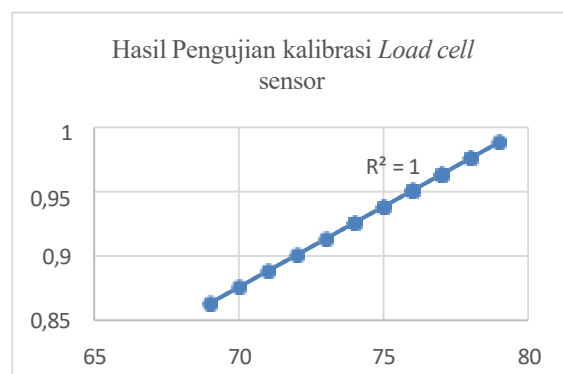
Ini adalah sinyal output diferensial dari load cell. Output berupa perubahan kecil tegangan proporsional terhadap beban (dalam mV/V). Diteruskan ke amplifier atau perangkat pengukur untuk ditampilkan atau dikendalikan.

1.3 Shield

Biasanya terhubung ke ground. Digunakan untuk perlindungan terhadap gangguan elektromagnetik, serta berperan untuk meningkatkan kestabilan sinyal.

2. Kalibrasi Load Cell Sensor

Kalibrasi dilakukan untuk memastikan bahwa *load cell* sensor sudah memberikan berat yang akurat sesuai dengan berat aktual. Kalibrasi dilakukan dengan memasukan nilai referensi beban (beban standar yang digunakan pada saat proses produksi) ke sistem dan menyesuaikan hasil pembacaan dari *load cell*. Proses ini penting untuk memastikan bahwa sinyal dari *load cell* yang sangat kecil dapat diperkuat oleh *weighing indicator*. Serta mengukur voltase pada *load cell* dengan beban yang bervariasi sehingga dapat diketahui apakah sensor yang digunakan linear atau tidak, seperti pada gambar.



Gambar 11. Grafik Hasil pengujian kalibrasi timbangan digital

Dari grafik hasil pengujian kalibrasi timbangan digital diatas dapat diketahui bahwa, pembacaan *load cell* sensor terhadap berat benda yang ditimbang menggunakan alat timbangan digital dapat dinyatakan linear, karna dengan berat yang berbeda tegangan yang dihasilkan oleh *load cell* sensor tidak ada yang melebihi atau bahkan kurang dari garis linearitas. Dengan begitu *load cell* sensor yang telah dilakukan pengujian dapat dinyatakan layak untuk digunakan.

Tabel 2. Data hasil pengujian alat timbangan digital.

No.	Berat Standar (kg)	Hasil Timbangan (kg)	Selisih/ Error (kg)	Persentase Error (%)	Keterangan
1	75	75,03	0,03	0,06	Dalam toleransi
2	77	77,06	0,06	0,06	Dalam toleransi
3	78	77,94	-0,06	-0,04	Dalam toleransi
4	76	76,01	0,01	0,05	Dalam toleransi
5	79	78,97	-0,03	-0,12	Dalam toleransi
Rata-rata			0.056	0.024	Akurat & layak pakai

Dari data tabel diatas dapat dikatakan bahwa hasil dari pengujian alat timbangan digital dengan menggunakan beban yang bervariasi dan tingkat error yang cukup rendah, timbangan digital yang telah dibangun dinyatakan akurat dan layak pakai.

IV. KESIMPULAN

Rancang bangun alat timbangan digital menghasilkan timbangan yang ergonomis serta akurat dengan persentase error rata-rata sebesar 0.024% dari 0.05% spesifikasi load cell (0,05%) dan weighing indicator (0,02%) serta hasil pengujian kalibrasi pada load cell sensor yang menghasilkan nilai pembacaan sensor yang linear dan akurat dengan akurasi sebesar 81.81%. maka alat dapat dinyatakan akurat.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Azwina, R., Wardani, P., Sitanggang, F., & Silalahi, P. R. (2023). Strategi Industri Manufaktur Dalam Meningkatkan Percepatan Pertumbuhan Ekonomi Di Indonesia. *Profit: Jurnal Manajemen, Bisnis Dan Akuntansi*, 2(1), 44–55.
<https://doi.org/10.58192/profit.v2i1.442>
- [2] Maulana, Fahrudin, W. A., Aprina, B., Wahyu, & Taufik. (2022). Perencanaan dan Perancangan Produk. *Unpam Press*.
- [3] Fawzyah, N. I. (2024). *Analisis Harga Wajar Saham Dengan Metode Price Earning Ratio (Per) Sebagai Dasar*

Pengambilan Keputusan Investasi Pada Sub Sektor Otomotif Dan Komponennya Periode 2021-2023.

- [4] Nelfiyanti, Sudarwati, W., Marfuah, U., Setiawan, A., Puspita, D. K., Daruki, & Ramadhan, A. I. (2020). Pengaruh Ergonomi terhadap QRM bagi Pekerja Perakitan Mobil Produk Otomotif. *Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ*, 1–8.
<http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaslit>
- [5] Hartanto, S., & Saputra, A. (2024). *Rancang Bangun Timbangan Digital Load Cell Berkapasitas 20 kg Berbasis Modul HX711*. 12(2), 104–108.