

Studi Kinerja *Weight Scale* pada Pengaliran *Ore* (Bijih) di PT. Freeport Indonesia

Ade Lukman¹, Made Rahmawaty²

e-mail: ade22trm@mahasiswa.pcr.ac.id, made@pcr.ac.id

^{1,2}Program Studi Teknologi Rekayasa Mekatronika, Politeknik Caltex Riau, Jalan Umbansari, Pekanbaru, Riau, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diterima 22 Mei 2023

Direvisi 12 Juni 2023

Diterbitkan 31 Juli 2023

Kata kunci:

Weight scale
Speed sensor
Bijih
Belt konveyor

Keywords:

Weight scale
Speed sensor
Ore
Belt conveyor

Penulis Korespondensi:

Ade Lukman,
Program Studi Teknologi Rekayasa Mekatronika,
Politeknik Caltex Riau,
Jalan Umbansari, Pekanbaru, Riau, Indonesia, 28265
Email: ade22trm@mahasiswa.pcr.ac.id
Nomor HP/WA aktif: 082287034244

ABSTRAK

Abstract – Produksi tambang PT. Freeport Indonesia berupa *ore* (bijih) yang mengandung mineral berharga. Proses penambangan menggunakan metode *blasting* (peledakan), material *ore* diangkut menggunakan *loader* dan dihancurkan oleh *crusher*. Material *ore* dialirkan menggunakan *belt* konveyor. PT Freeport Indonesia memiliki sistem konveyor yang dapat mengangkut bijih atau *ore* dari *crusher* ke *stockpile*. *Ore* yang mengalir melalui sistem konveyor akan ditimbang menggunakan *weight scale* untuk mengukur laju aliran *ore* dan mengetahui jumlah produksi *ore* yang mengalir melalui sistem konveyor. Pentingnya penggunaan *weight scale* pada konveyor sistem terkait dengan dampak keuangan perusahaan dan data jumlah *ore* yang keluar dari area produksi. Penelitian ini membandingkan data *totalizer weight scale* konveyor 601 & 602 dengan konveyor 71. Penggunaan *speed sensor proximity* menyebabkan tingginya nilai *error* perbandingan *totalizer* dengan rentang 3.6% – 16.6%. Penggantian tipe *speed sensor* dengan *speed generator pulse* meminimalisir persen *error* hingga 0.29% – 4.19%.

ABSTRACT

Mine production by PT. Freeport Indonesia in the form of ore containing valuable minerals. The mining process uses the method of blasting, where materials are transported using a loader and destroyed by a crusher. Material is streamed using a belt conveyor. PT Freeport Indonesia has a conveyor system that can transport ore from the crusher to the stockpile. Ore flowing through the conveyor system will be weighed using a weight scale to measure the flow rate and know the amount of production ore flowing through the conveyor system. The importance of the use weight scale on the system conveyor is related to the company's financial impact and the amount of data leaving the production area. This research compares the data totalizer weight scale conveyors 601 and 602 with conveyor 71. Usage speed sensor proximity leads to high values of error in the comparison totalizer, with a range of 3.6%–16.6%. Type replacement speed generator pulse minimizes percent error up to 0.29%–4.19%.

1. PENDAHULUAN

Weight scale adalah alat yang digunakan untuk mengukur laju aliran *ore*, mengetahui jumlah total *ore* (bijih) pada konveyor sistem, menimbang *ore* yang akan mengalir ke *stockpile* dan mengetahui kecepatan aliran yang



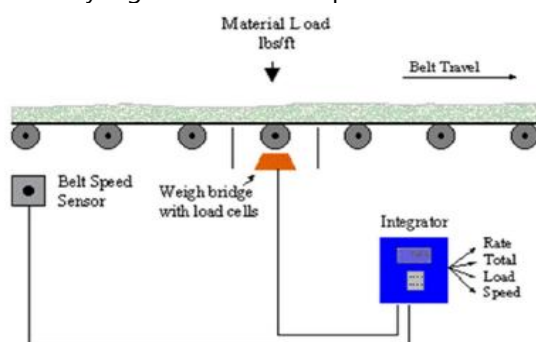
melewati konveyor sistem. Posisi *weight scale* di tengah konveyor memiliki keunggulan mudah dalam pemasangan dan membutuhkan sedikit pemeliharaan serta memberikan hasil yang akurat. Nilai *weight scale* ini menunjukkan linearitas dan *hysteresis* minimal. *Weight scale* memiliki struktur *bridge* pada sisi *frame idler/weighing idler* untuk *load cell*, *integrator* dan *speed sensor*. [1],[2],[3]

Laju alir pengangkutan *ore* pada sistem konveyor dihitung berdasarkan berat rata-rata per jam, sehingga total produksi dapat diperkirakan total produksi selama 24 jam. Penggunaan *weight scale* digunakan sebagai acuan jumlah target produksi bijih, sehingga sangat diperlukan karena kecepatan pengisian data yang ditampilkan oleh DCS dan persentase kesalahan tidak melebihi 0,05%. Pentingnya penggunaan timbangan pada sistem konveyor merupakan kebijakan yang tidak dapat diabaikan, karena mencakup dampak keuangan perusahaan maupun informasi mengenai data produksi bijih dari draw point. [4],[5] Kualitas atau efisiensi alat ukur menentukan strategi perusahaan untuk bersaing di pasar global.

Weight scale terdiri dari komponen utama berupa:

- Load cell*, yang dipasang dibawah *belt* konveyor pada *weigh frame* (dudukan). Material yang melewati titik poros konveyor diukur dengan satu atau lebih *load cell* [6]
- Speed sensor* atau sensor kecepatan selain dipasang pada *tail pulley* dipasang juga pada *belt weigher* dari konveyor dan merepresentasikan pergerakan *belt*. [7]

Gambar 1 menyajikan skema *weight scale* yang terdiri dari komponen utama berupa *load cell* dan *speed sensor*.



Gambar 1: Skema *weight scale*

Penelitian terdahulu timbangan jembatan (*dump truck scale*) dan timbangan ban berjalan (*conveyor belt scale*) digunakan untuk menimbang batubara, tetapi hasil kedua alat ini sangat berbeda, sehingga perusahaan dapat dirugikan karena pembayaran yang tidak sesuai dengan pekerjaan kontraktor. [8] Dalam proses operasional, pengukuran kecepatan berperan penting dalam pengaturan kecepatan *belt* konveyor. Solusi pengukuran kecepatan telah dikembangkan bersama dengan dinamika sistem *belt* konveyor selama bertahun-tahun. [9] Serangkaian penelitian telah membuahkan hasil yang menjanjikan. Misalnya, metodologi sensor *magneto-resistance* telah dikemukakan, yang memiliki ketersediaan sangat tinggi dan keandalan yang ketat dalam kecepatan pengukuran, sistem *rotary encoder self*-kalibrasi telah diajukan, yang menggunakan *rotary encoder self*-kalibrasi untuk mencapai kehandalan. [10] Pengukur kecepatan yang banyak digunakan adalah *optical encoder*, yang menggunakan *encoder optik* inkremental untuk memiliki keunggulan akurasi tinggi dan miniaturisasi yang mudah, mengusulkan metode untuk mengukur kecepatan *encoder* fotolistrik tambahan, hasil pengukurannya stabil dan memiliki kinerja waktu nyata yang baik. [11]

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan perbedaan hasil ukur antara *weight scale* dengan menggunakan *speed sensor proximity* dengan *weight scale* menggunakan *sensor speed generator pulse* secara metrologi dan memberikan evaluasi kepada perusahaan mengenai penggunaan alat tersebut. Indikator kedua alat ukur menunjukkan hasil timbang, yang memungkinkan pengambilan data secara langsung. dan Salah satu perusahaan penghasil dan pengeksport tembaga terbesar di Indonesia yaitu PT. Freeport Indonesia, adalah subjek penelitian ini, yang bertujuan untuk mengevaluasi kinerja pengukuran *weight scale* pada pengaliran bijih atau ore. Karena pentingnya ketepatan dan presisi pengukuran *weight scale*, penelitian ini akan dilakukan.

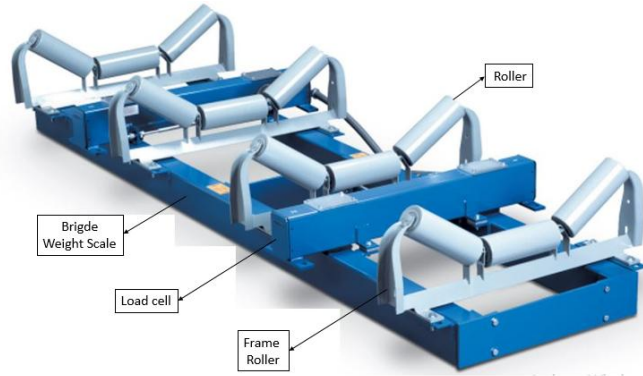


2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, tahapan perancangan sistem dilakukan mencakup perancangan sistem mekanik, perancangan sistem elektronika, dan diagram blok. Tahap pengujian dilakukan dengan pengambilan data *totalizer* pada *integrator weight scale* dan dibandingkan dengan total hari sebelumnya.

2.1. Desain Mekanikal

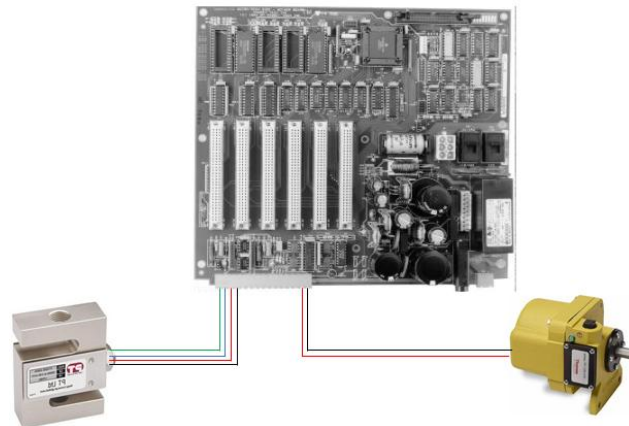
Pada penelitian ini, sistem mekanikal *weight scale* meliputi *bridge weight scale*, *roller*, *frame roller* dan *load cell*. Gambar 2 menunjukkan terdapat 4 unit *load cell* yang digunakan pada *bridge weight scale* dan terdapat 4 *frame roller* serta 12 *roller*. [12]



Gambar 2: Mekanikal *weight scale*

2.2. Desain Elektronika

Pada penelitian ini, sistem elektronika *weight scale* meliputi sensor *load cell*, *speed sensor* dan *integrator* sebagai *micro-computer* yang akan memproses *inputan* menjadi *output*. [12] Gambar 3 menunjukkan desain sensor *load cell* dan *speed sensor* yang dihubungkan pada pin rangkaian integrator.

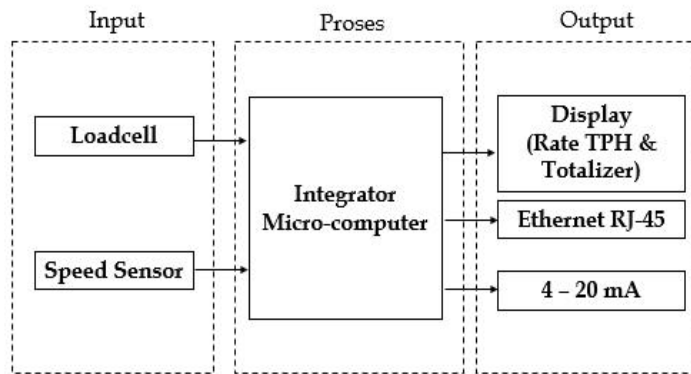


Gambar 3: Desain elektronika *weight scale*

2.3. Diagram Blok

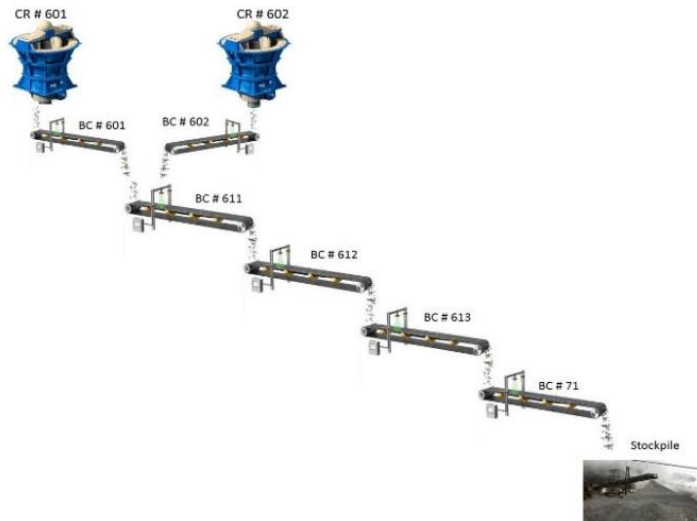
Pada penelitian ini, terdiri 2 komponen *input* yaitu sensor *load cell* dan *speed sensor*. Sensor *load cell* berfungsi sebagai sensor berat untuk mengukur aliran *ore* yang melewati konveyor sistem. Perubahan output sensor *load cell* linear dengan berat *ore* yang ditimbang pada konveyor sistem. Semakin berat *ore* yang ditimbang, maka output sensor *load cell* juga meningkat. Selain sensor *load cell*, terdapat *speed sensor* untuk mengukur kecepatan putaran *belt* konveyor. Nilai berat yang ditimbang dengan satuan ton dikalkulasikan dengan kecepatan akan menghasilkan flow rate dengan satuan *TPH* (*ton per hours*). Hasil perhitungan *TPH* dalam kurun waktu 24 jam, menghasilkan data kalkulasi ton per hari atau *totalizer*. Komponen sensor berupa sensor *load cell* dan *speed sensor* akan diproses oleh *integrator micro-computer* dengan menghasilkan data berupa tampilan *rate TPH* (*ton per hours*) & *totalizer*, komunikasi *ethernet RJ-45* dan sinyal 4-20 mA. Diagram blok sistem dapat dilihat pada Gambar 4.





Gambar 4: Diagram blok weight scale

Pengaliran *ore* di PT. Freeport Indonesia diawali dengan *crushing system* yaitu penghancuran *ore* dari area produksi, kemudian dialirkan menggunakan *belt* konveyor menuju *stockpile*. Sistem pengaliran *ore* area GBC (*Grasberg Block Cave*) yang disajikan pada Gambar 5, *ore* di hancurkan menggunakan *crusher* 601 & 602. Kemudian *ore* akan melewati konveyor 601 & 602 kemudian kontinyu menuju konveyor 611 – 612 – 613 – 71. Dari konveyor 71, *ore* di alirkan menuju *stockpile*.

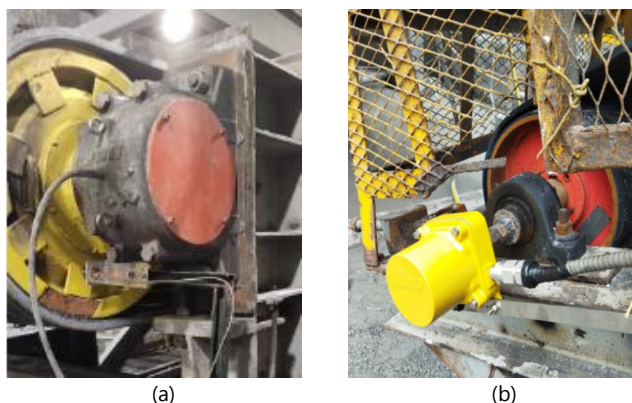


Gambar 5. Sistem pengaliran *ore* dari *crusher* menuju *stockpile*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada *weight scale* konveyor 601 dan konveyor 602 menggunakan tipe *speed sensor proximity* yang dipasang pada *tail pulley belt* konveyor untuk mendeteksi target sensor yang terpasang pada *pulley* konveyor yang disajikan pada Gambar 6(a). Sedangkan pada *weight scale* konveyor 71 menggunakan tipe *speed sensor generator pulse* disajikan pada Gambar 6(b), yang dikopel dengan *pulley belt* konveyor, sehingga mengikuti laju putaran dari *pulley belt* konveyor. Konveyor 71 menjadi acuan akurasi perhitungan *weight scale* karena menggunakan 4 *load cell* dan *speed sensor generator pulse*.





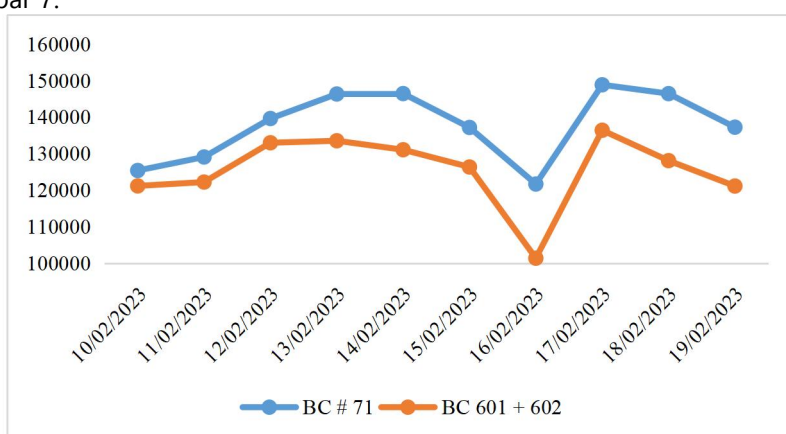
Gambar 6. (a) *Speed sensor proximity* (b) *Speed sensor generator pulse*

Data perbandingan total tonase *ore* konveyor 601 dan 602 yang menggunakan *speed sensor proximity* terhadap total tonase *ore* konveyor 71 yang menggunakan *speed sensor generator pulse* diambil dari *totalizer* perhitungan *weight scale* setiap 24 jam. Data *totalizer* konveyor 601 dan 602 serta *totalizer* konveyor 71 dapat dilihat pada Tabel I.

Tabel I: Perbandingan total tonase *ore* konveyor 601 dan 602 terhadap total tonase *ore* konveyor 71

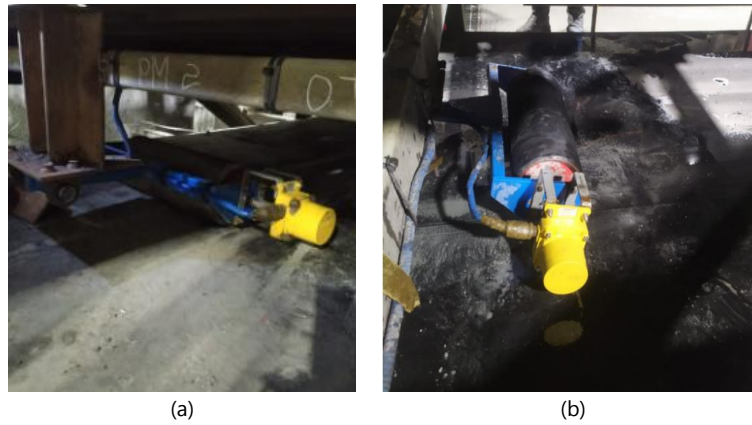
No	Tanggal	Total 601 + 602	Total konveyor 71	Error (%)
1	10-02-2023	121172	125389	-3,36
2	11-02-2023	122222	129077	-5,31
3	12-02-2023	132968	139602	-4,75
4	13-02-2023	133516	146301	-8,74
5	14-02-2023	131064	146422	-10,49
6	15-02-2023	126339	137157	-7,89
7	16-02-2023	101405	121683	-16,66
8	17-02-2023	136390	148827	-8,36
9	18-02-2023	128080	146407	-12,52
10	19-02-2023	121136	137229	-11,73

Pada Tabel I, dapat dianalisa bahwa perhitungan tonase *weight scale* konveyor 601 dan 602 dengan tipe *speed sensor proximity* terhadap konveyor 71 yang menggunakan *sensor speed generator pulse* terdapat selisih yang sangat signifikan. Untuk memperjelas perbandingan total tonase *ore* konveyor 601 dan 602 yang menggunakan *speed sensor proximity* terhadap konveyor 71 yang menggunakan *sensor speed generator pulse* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik perbandingan tonase konveyor 601 dan 602 menggunakan *sensor proximity* terhadap konveyor 71





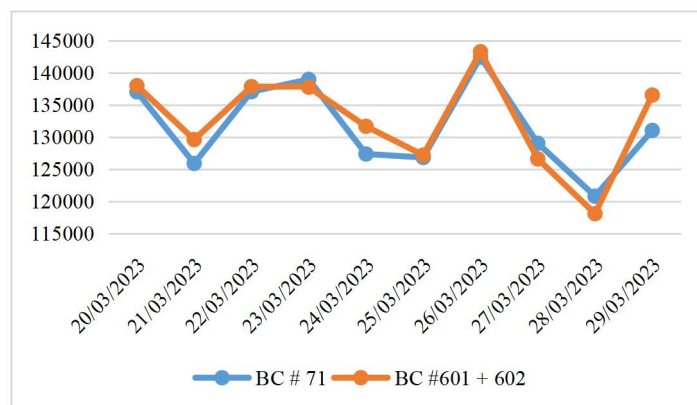
Gambar 8. (a) Penggantian *sensor speed generator pulse* pada konveyor 601 (b) Penggantian *sensor speed generator pulse* pada konveyor 602

Penggantian *speed sensor* dari *sensor proximity* menjadi *speed sensor generator pulse* menggunakan mekanisme *drum* yang bersentuhan langsung dengan *belt* disajikan pada Gambar 8. Adapun tujuan pemasangan agar pengukuran kecepatan putaran bel konveyor menjadi lebih presisi. Tabel 2 menyajikan perbandingan total tonase *ore* konveyor 601 dan 602 terhadap konveyor 71 setelah dilakukan penggantian tipe *speed sensor pulse generator* disajikan pada Tabel II.

Tabel II: Perbandingan total tonase *ore* konveyor 601 dan 602 terhadap konveyor 71 setelah dilakukan penggantian tipe *speed sensor pulse generator*.

No	Tanggal	Total 601 & 602	Total BC#71	Error (%)
1	20-03-2023	137.991	137.035	0,70
2	21-03-2023	129.625	125.923	2,94
3	22-03-2023	137.847	137.055	0,58
4	23-03-2023	137.755	138.968	-0,87
5	24-03-2023	131.683	127.384	3,37
6	25-03-2023	127.211	126.842	0,29
7	26-03-2023	143.263	142.431	0,58
8	27-03-2023	126.623	129.048	-1,88
9	28-03-2023	118.111	120.837	-2,26
10	29-03-2023	136.538	131.043	4,19

Untuk memperjelas perbandingan total tonase *ore* konveyor 601 dan 602 terhadap konveyor 71 setelah dilakukan penggantian tipe *speed sensor pulse generator* dapat dilihat pada Gambar 9. Berdasarkan grafik, data yang dihasilkan menunjukkan bahwa dengan penggantian *speed sensor proximity* menjadi *speed sensor generator pulse*, diperoleh selisih total tonase *ore* konveyor 601 dan 602 mendekati total tonase *ore* konveyor 71.



Gambar 9. Grafik perbandingan tonase konveyor 601 dan 602 terhadap konveyor 71 setelah penggantian tipe *speed sensor pulse generator*



Tabel III: Pengukuran kecepatan *belt* konveyor secara aktual menggunakan *tachometer*

Konveyor	Kecepatan
Konveyor 601	2.5 m/s
Konveyor 602	2.5 m/s
Konveyor 71	4.1 m/s

Pada *weight scale* konveyor 601 dan 602 yang menggunakan *sensor speed proximity*, terdapat selisih total tonase *ore* terhadap *weight scale* konveyor 71 yaitu sebesar 3,6 % – 16,6%. Selisih *tonase* terbesar yaitu pada tanggal 16 februari 2023 sebesar 20.278 ton. Selisih ini menjadi perhatian utama dalam proses pengaliran *ore* dari *crusher* menuju *stockpile*. *Ore* yang ditimbang oleh *weight scale* konveyor 71 merupakan gabungan *ore* dari konveyor 601 dan 602. Beberapa faktor yang mempengaruhi keakuratan timbangan antara lain mekanikal konveyor, struktur *weight scale* dan *alignment roller*. Sedangkan pengaruh lainnya pada pembacaan sensor seperti *load cell* dan *speed sensor*. Pada pembahasan ini, faktor utama yang mempengaruhi adalah *speed sensor*. Terdapat 2 tipe *speed sensor* yang digunakan yaitu *speed sensor proximiy* dan *speed sensor generator pulse*.

Speed sensor proximity bekerja dengan mendeteksi target sensor yang terdapat pada *tail pulley*. Sinyal yang dihasilkan berupa *pulse*, yang akan diproses oleh *micro-computer integrator*. Pada *weight scale* dengan *speed sensor proximity*, nilai kecepatan *belt* konveyor fluktuatif sehingga mempengaruhi pembacaan total berat *ore* yang ditimbang. Nilai *speed* yang muncul di integrator konveyor 601 dan 602 terkadang fluktuatif dengan rentang 2.4 m/s – 2.5m/s. Sedangkan pengukuran menggunakan *tachometer* yang disajikan Tabel III, *speed* aktual pada *belt* konveyor 601 dan 602 adalah 2.5 m/s. Hal ini dipengaruhi oleh *abnormal* target sensor yang terdapat tambahan *part* yang digunakan oleh mekanik untuk *balancing pulley*.

Pada *weight scale* konveyor 71 menggunakan *speed sensor generator pulse*, nilai *speed* yang terbaca adalah 4,1 m/s dan sesuai dengan pengukuran aktual menggunakan *tachometer* dapat dilihat pada Tabel III. *Output sensor generator pulse* adalah berupa tegangan VAC yang akan diproses oleh *micro-computer integrator*. Mekanisme *speed sensor generator pulse* yang langsung dikopel dengan *pulley*, sehingga lebih aktual mengikuti putaran *pulley* sesuai kecepatan konveyor.

Setelah dilakukan penggantian sensor *speed* pada konveyor 601 dan 602, dapat dilihat pada Tabel II bahwa terjadi perubahan *error* yang sangat signifikan terhadap konveyor 71. Sehingga *error* total timbangan konveyor 601 dan 602 terhadap konveyor 71 berkisar antara 0.29 % – 4.19%. Persen *error* ini jauh lebih kecil dibandingkan dengan menggunakan *speed sensor proximity* yang mencapai 16,6 %.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari pengujian dan pembahasan dari penelitian yang berjudul studi kinerja *weight scale* pada pengaliran *ore* di PT. Freeport Indonesia ini maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan *speed sensor proximity* dapat menyebabkan kurangnya akurasi perhitungan *weight scale* dengan *error* 3,6% - 16,6%.
2. *Speed sensor generator pulse* lebih akurat karena langsung pengukuran secara aktual sehingga mengikuti putaran *pulley* seiring kecepatan konveyor dengan *error* 0.29% - 4.19%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Irfan, D. Cahyanto, and T. Sujianto, "Studi Kinerja Belt Scale Pada Proses Pemuatan Batubara," *J. Ind. Eng. Oper. Manag.*, vol. 2, no. 1, 2019.
- [2] R. Syarif, M. Hasjim, and S. Syarifuddin, "Analisis Produktivitas Pengiriman Batu Kapur Melalui Belt Conveyor Dari Crusher Ke Storage Di Pt. Semen Padang (Persero) Tbk.," 2018.
- [3] V. V. Bobylev and A. T. Bajkova, "Estimation of the Gould Belt Scale Height from T Tauri Type Stars in the Gaia DR2 Catalog," *Astrophys. Bull.*, vol. 75, no. 3, pp. 267–277, 2020, doi: 10.1134/S1990341320030025.
- [4] M. R. Alvrldho, Z. Deri, A. Nugraha, S. Politeknik, N. Sriwijaya, and S. Baturaja, "Sensor Loadcell pada Belt Scale di PT Semen Baturaja (Persero) Tbk.," *J. Vokasi*, vol. 1, no. 1, 2022.
- [5] P. Kulinowski, *Analytical method of designing and selecting take-up systems for mining belt conveyors*, vol. 58, no. 4. 2013.



- [6] Agus Wibowo and Lawrence Adi Supriyono, "Analisis Pemakaian Sensor Loadcell Dalam Perhitungan Berat Benda Padat Dan Cair Berbasis Microcontroller," *Elkom J. Elektron. dan Komput.*, vol. 12, no. 1, pp. 1–5, 2019, doi: 10.51903/elkom.v12i1.102.
- [7] A. N. Silman Farizi, Sumardi, "APLIKASI ULTRASONIK DAN SENSOR KECEPATAN PADA KENDARAAN RODA EMPAT UNTUK SISTEM PENEREMAN OTOMATIS," pp. 1–19.
- [8] A. Clara, Meika & Trihantoro, "Analisis Perbandingan Hasil Timbang Timbangan Ban Berjalan dengan Timbangan Jembatan di Dump Hopper 3 Banko Barat PT. Bukit Asam (Persero) Tbk.," 2017.
- [9] Y. Gao, T. Qiao, H. Zhang, Y. Yang, Y. Pang, and H. Wei, "A contactless measuring speed system of belt conveyor based on machine vision and machine learning," *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, vol. 139, pp. 127–133, 2019, doi: 10.1016/j.measurement.2019.03.030.
- [10] D. He, Y. Pang, and G. Lodewijks, "Speed control of belt conveyors during transient operation," *Powder Technol.*, vol. 301, pp. 622–631, 2016, doi: 10.1016/j.powtec.2016.07.004.
- [11] K. Banerjee, B. Dam, and K. Majumdar, "An FPGA-based integrated signal conditioner for measurement of position, velocity and acceleration of a rotating shaft using an incremental encoder," *2016 IEEE 1st Int. Conf. Control. Meas. Instrumentation, C. 2016*, no. Cmi, pp. 440–444, 2016, doi: 10.1109/CMI.2016.7413786.
- [12] T. F. Scientific, *Static Weight Indicator User Manual*, no. 127423. 2012.

