



Sistem Pengaman *Belt Conveyor* Berbasis PLC Mitsubishi FX3U Menggunakan Parameter Arus dan Kecepatan Motor

Moch. Raullyansha Wahyu Pradana^{1*}, Daeng Rahmatullah², Aditya Chandra Hermawan³, Alfarid Hendro Yuwono⁴

^{1,2,3,4}Sarjana Terapan Teknik Listrik, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya

Article Info

Article history:

Diterima 17 Juli 2026

Direvisi 21 Juli 2026

Diterbitkan 21 Juli 2026

Keywords:

Belt Conveyor

PLC Mitsubishi FX3U

Sensor Arus ACS712

Rotary Encoder

Sistem Pengaman

Overload

ABSTRAK

Sistem *Belt Conveyor* merupakan salah satu peralatan pemindah material yang banyak digunakan pada sektor industri karena mampu meningkatkan efisiensi proses produksi. Pengoperasian *conveyor* secara terus – menerus menyebabkan komponen mekanis, terutama *belt* dan motor penggerak, rentan mengalami gangguan akibat peningkatan beban maupun penurunan performa motor. Apabila kondisi tersebut tidak segera terdeteksi, kerusakan pada *belt conveyor* dapat terjadi dan berdampak pada terhentinya proses produksi. Penelitian ini bertujuan merancang sistem pengaman *belt conveyor* menggunakan PLC Mitsubishi FX3U dengan memanfaatkan sensor arus ACS712 dan *rotary encoder* sebagai parameter pemantauan kondisi motor. Sensor ACS712 digunakan untuk mendeteksi perubahan arus masukan motor, sedangkan *rotary encoder* digunakan untuk memonitor kecepatan putar motor secara *real – time*. Data dari kedua sensor diproses menggunakan logika *ladder* pada PLC untuk menentukan kondisi operasi *conveyor* dan memberikan aksi penghentian motor apabila parameter melebihi batas yang telah ditetapkan. Pengujian dilakukan pada prototipe *belt conveyor* dengan variasi beban hingga 10KG pada dua kondisi operasi, yaitu 40 RPM dan 60 RPM. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kenaikan beban menyebabkan arus motor meningkat disertai penurunan kecepatan putar. Kondisi tersebut dapat dikenali oleh PLC sehingga sistem mampu menghentikan motor secara otomatis sebagai bentuk proteksi terhadap *belt conveyor*. Selain itu, pengoperasian pada *setpoint* 40 RPM menghasilkan kestabilan putaran yang lebih baik dibanding 60 RPM pada variasi beban yang sama. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi pemantauan arus dan kecepatan motor dapat diterapkan sebagai sistem proteksi awal pada *belt conveyor* skala laboratorium.

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.



Corresponding Author:

Moch. Raullyansha Wahyu Pradana,

Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

Email: mochpradanaraullyansha.22030@mhs.unesa.ac.id

1. PENDAHULUAN

Belt Conveyor merupakan salah satu perangkat transportasi material yang banyak digunakan pada industri manufaktur, pertambangan, logistik, maupun pengolahan hasil produksi karena mampu memindahkan material secara terus - menerus dengan kapasitas yang relatif besar. Keandalan sistem *conveyor* menjadi faktor penting dalam menjaga kelancaran proses produksi. Gangguan pada komponen penggerak, terutama motor dan *belt*, dapat menyebabkan penurunan produktivitas, peningkatan waktu henti, hingga biaya perawatan yang lebih tinggi.

Motor listrik sebagai penggerak utama pada sistem belt conveyor akan mengalami perubahan karakteristik operasi ketika menerima variasi pembebanan. Semakin besar beban yang diberikan, semakin tinggi kebutuhan torsi motor sehingga arus masukan juga meningkat, sedangkan kecepatan putarnya cenderung mengalami penurunan. Apabila kondisi tersebut berlangsung secara terus-menerus tanpa adanya pemantauan, risiko terjadinya belt slip, keausan pada belt, hingga kerusakan motor akan semakin besar. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang mampu memonitor kondisi operasi belt conveyor secara berkelanjutan serta memberikan tindakan proteksi sebelum terjadi kerusakan yang lebih serius.

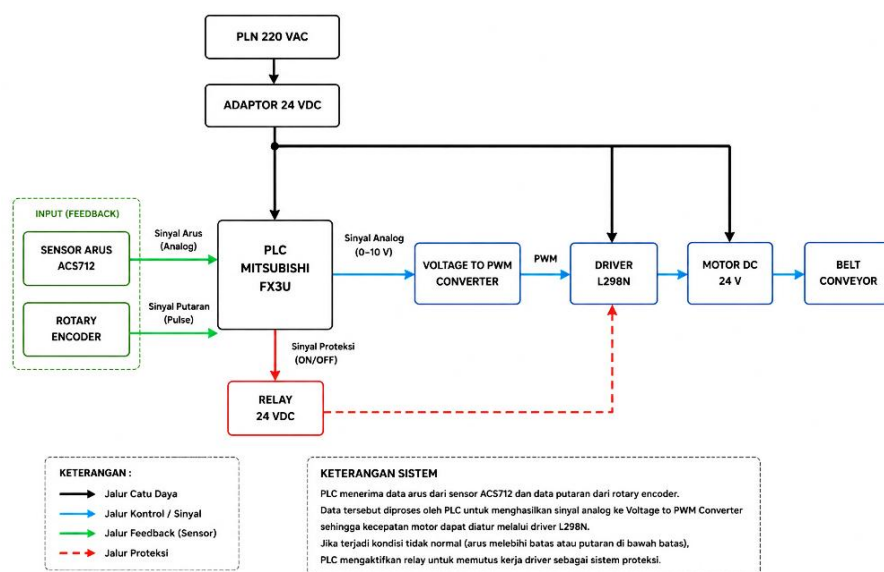
Sejumlah penelitian terdahulu telah memanfaatkan analisis arus motor sebagai metode untuk mendeteksi gangguan pada belt conveyor, karena perubahan nilai arus dapat mencerminkan perubahan beban yang diterima motor. Penelitian lainnya juga telah mengembangkan prototipe belt conveyor berbasis PLC Mitsubishi FX3U sebagai media pembelajaran sistem otomasi. Namun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada aspek diagnosis gangguan maupun pengendalian sistem conveyor, sedangkan penerapan sistem proteksi otomatis yang mengombinasikan parameter arus dan kecepatan motor masih relatif jarang dikaji.

Kontribusi utama penelitian ini terletak pada penerapan dua parameter pemantauan yang saling melengkapi dalam satu sistem proteksi berbasis PLC. Integrasi kedua parameter tersebut memungkinkan proses deteksi kondisi operasi yang tidak normal dilakukan secara real-time sehingga potensi kerusakan pada belt conveyor dapat diminimalkan. Selain berfungsi sebagai sistem pemantauan, sistem yang dikembangkan juga mampu memberikan tindakan proteksi secara otomatis dengan menghentikan motor ketika kondisi operasi telah melampaui batas aman yang telah ditetapkan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan merancang sistem pengaman *belt conveyor* berbasis *Programmable Logic Control* (PLC) Mitsubishi FX3U dengan memanfaatkan parameter arus masukan motor dan kecepatan putar motor sebagai indikator kondisi operasi *conveyor*. Sistem yang dikembangkan terdiri atas PLC Mitsubishi FX3U sebagai pengendali utama, Sensor ACS712, *rotary encoder*, modul *Voltage to PWM Converter*, driver motor L298N, motor DC12V, serta prototipe *belt conveyor*. PLC menerima data hasil pembacaan sensor kemudian memprosesnya menggunakan program *Ladder Diagram* untuk menentukan kondisi operasi *conveyor* dan memberikan aksi proteksi ketika parameter yang dipantau berada di luar batas yang telah ditentukan.

Perancangan sistem diawali dengan integrasi seluruh perangkat keras sesuai diagram blok sistem. Sensor ACS712 dipasang pada jalur suplai motor untuk mengukur arus masukan, sedangkan *rotary encoder* dipasang pada poros motor untuk memperoleh nilai kecepatan putar (RPM). Nilai arus dari sensor dibaca melalui modul analog PLC, sedangkan pulsa yang dihasilkan *rotary encoder* diproses menjadi nilai RPM menggunakan *high-speed counter* pada PLC. Selanjutnya, kedua parameter tersebut digunakan sebagai masukan pada logika *ladder* untuk menentukan kondisi operasi motor.



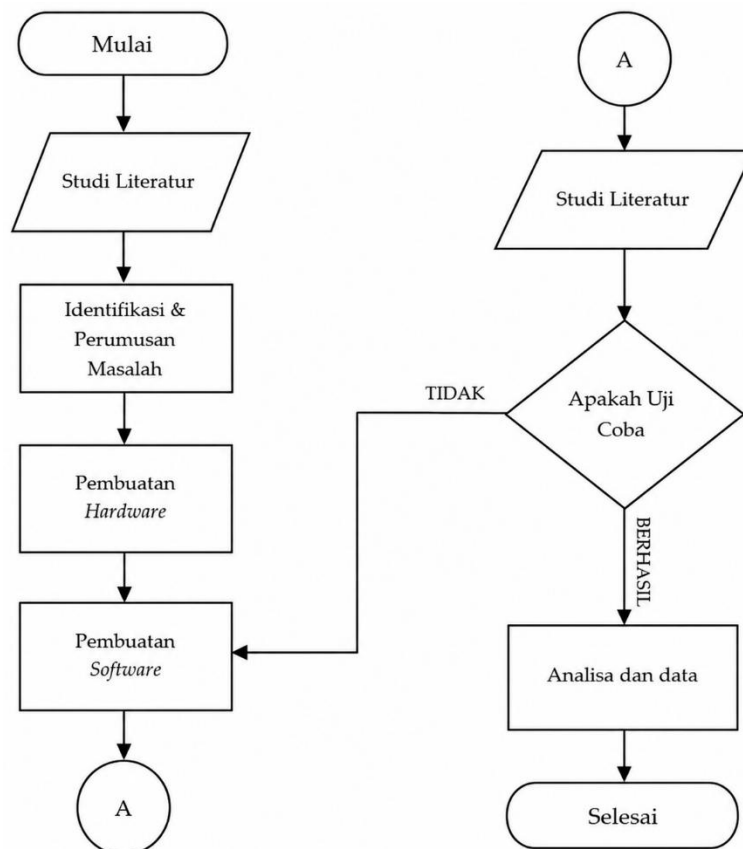
Gambar 1. Blok Diagram Sistem PLC

Setelah seluruh komponen terintegrasi, dilakukan pengujian sistem menggunakan variasi pembebanan hingga 10 KG pada dua kondisi operasi, yaitu *Speed 1* dengan *setpoint* 40 RPM dan *Speed 2* dengan *setpoint* 60 RPM. Parameter yang diamati meliputi arus masukan motor, kecepatan putar motor, serta respon PLC terhadap perubahan kedua parameter tersebut. Nilai pembacaan sensor arus dibandingkan dengan *AVO Meter*, sedangkan hasil pembacaan *rotary encoder* dibandingkan dengan *Tacho Meter* digital sebagai acuan dalam mengevaluasi kinerja sistem.

Pengambilan data dilakukan secara bertahap pada setiap variasi beban untuk memperoleh karakteristik perubahan arus dan kecepatan motor selama *conveyor* beroperasi. Data yang diperoleh kemudian dianalisis guna mengevaluasi kesesuaian pembacaan sensor terhadap alat ukur referensi serta mengetahui kemampuan PLC dalam memberikan respons proteksi ketika kondisi operasi berada di luar batas yang telah ditentukan.

Seluruh data hasil pengujian dicatat pada setiap variasi beban dan kondisi operasi untuk memperoleh hubungan antara arus masukan motor, kecepatan putar motor, dan respon sistem pengaman. Data tersebut selanjutnya diolah sebagai dasar analisis dalam mengevaluasi kinerja PLC Mitsubishi FX3U dalam mendeteksi perubahan kondisi operasi *conveyor*. Hasil analisis digunakan untuk menilai efektivitas sistem pengaman yang dirancang dalam memberikan aksi penghentian motor secara otomatis ketika parameter operasi melebihi batas yang telah ditetapkan.

Tahapan penelitian dimulai dari studi literatur, perancangan sistem, integrasi perangkat keras dan perangkat lunak, hingga analisis hasil pengujian. Urutan tahapan penelitian tersebut ditunjukkan pada gambar dibawah ini



Gambar 2. Flowchart langkah penelitian

Penelitian diawali dengan studi literatur untuk memperoleh landasan teori mengenai sistem belt conveyor, PLC Mitsubishi FX3U, sensor arus ACS712, dan rotary encoder. Selanjutnya dilakukan identifikasi serta perumusan masalah berdasarkan hasil kajian literatur sehingga diperoleh tujuan dan rancangan penelitian yang akan dikembangkan.

Tahap berikutnya adalah pembuatan perangkat keras (hardware) yang meliputi perakitan prototipe belt conveyor beserta integrasi PLC, sensor arus ACS712, rotary encoder, driver motor, dan komponen pendukung lainnya. Setelah perangkat keras selesai dirancang, dilakukan pembuatan perangkat lunak (software) berupa program ladder diagram pada PLC Mitsubishi FX3U untuk membaca data sensor, mengendalikan kecepatan motor, serta menjalankan fungsi proteksi secara otomatis.

Sistem yang telah selesai dirancang kemudian memasuki tahap uji coba untuk mengevaluasi kinerja seluruh komponen. Apabila hasil pengujian belum memenuhi kriteria yang ditentukan, proses kembali ke tahap pengembangan perangkat lunak guna dilakukan perbaikan program. Sebaliknya, apabila pengujian berhasil, data hasil pengujian dianalisis untuk mengevaluasi performa sistem pengaman belt conveyor sebelum penelitian dinyatakan selesai.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan sebuah sistem pengaman *belt conveyor* berbasis PLC Mitsubishi FX3U yang memanfaatkan parameter arus masukan motor dan kecepatan putar motor sebagai dasar pengambilan keputusan proteksi. Sistem dirancang untuk memantau kondisi operasi *conveyor* secara *real – time* sehingga perubahan beban yang memengaruhi karakteristik kerja motor dapat dideteksi lebih awal. Pengujian dilakukan terhadap setiap komponen penyusun sistem serta pengujian keseluruhan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam membaca parameter operasi, membandingkannya dengan nilai acuan, dan memberikan aksi penghentian motor ketika kondisi operasi berada diluar batas yang telah ditetapkan.

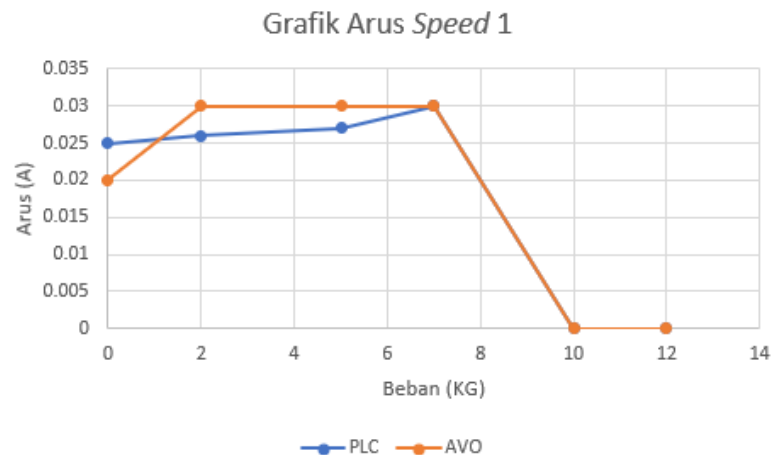
3.1. Pengujian Sensor Arus ACS712

Pengujian sensor arus ACS712 dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sensor dalam membaca perubahan arus masukan motor DC pada setiap variasi pembebanan yang diberikan pada *belt conveyor*. Sensor arus berperan sebagai salah satu komponen utama dalam sistem pengaman karena digunakan untuk memantau besarnya arus yang mengalir ke motor selama *conveyor* beroperasi. Data hasil pembacaan sensor kemudian diterima oleh PLC Mitsubishi FX3U melalui modul analog untuk diproses menggunakan *ladder diagram*. Hasil pembacaan tersebut selanjutnya dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan AVO Meter sebagai alat ukur referensi guna mengetahui tingkat kesesuaian pembacaan sensor terhadap kondisi arus yang sebenarnya atau *real – time*.

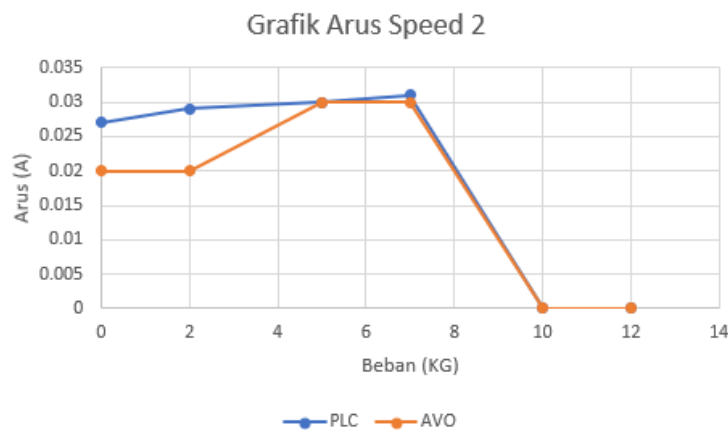
Pengujian dilaksanakan dengan memberikan variasi beban secara bertahap mulai dari kondisi tanpa beban hingga beban maksimum 10 KG. Pada setiap variasi beban, pengujian dilakukan pada dua kondisi operasi, yaitu *Speed 1* dengan *setpoint* 40 RPM dan *Speed 2* dengan *setpoint* 60 RPM. Setiap data hasil pembacaan dicatat setelah putaran motor berada pada kondisi yang stabil sehingga nilai arus yang diperoleh dapat merepresentasikan kondisi kerja motor pada masing – masing variasi beban. Prosedur tersebut dilakukan secara berulang untuk memperoleh data pengujian yang konsisten dan dapat digunakan sebagai dasar analisis kinerja sensor arus dalam sistem pengaman *belt conveyor*.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor Arus ACS712					
NO	BEBAN (KG)	ARUS ACS 712 (A)		ARUS ACS 712 (A)	
		Speed 1		Speed 2	
		PLC	AVO	PLC	AVO
1	0	25	0.02	27	0.02
2	2	26	0.03	29	0.02
3	5	27	0.03	30	0.03
4	7	30	0.03	31	0.03
5	10	-	-	-	-

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada tabel, nilai arus masukan motor mengalami peningkatan seiring bertambahnya beban yang diberikan pada *belt conveyor*. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa motor membutuhkan energi listrik yang lebih besar untuk menghasilkan torsi yang mampu menggerakkan *belt* ketika menerima beban yang semakin tinggi. Dengan bertambahnya beban mekanis, gaya yang harus dihasilkan motor juga meningkat sehingga kebutuhan arus ikut bertambah. Pola perubahan tersebut menunjukkan bahwa sensor ACS712 mampu menangkap perubahan karakteristik kerja motor selama proses pembebanan berlangsung.



Gambar 3. Grafik Pengujian Arus Speed 1 dengan PLC dan AVO



Gambar 4. Grafik pengujian arus speed 2 dengan PLC dan AVO

Grafik hasil pengujian memperlihatkan bahwa pembacaan sensor ACS712 memiliki kecenderungan yang searah dengan hasil pengukuran menggunakan AVO Meter. Pada setiap penambahan beban terlihat adanya peningkatan nilai arus yang relatif konsisten, meskipun masih terdapat selisih pembacaan pada beberapa titik pengujian. Selisih tersebut dipengaruhi oleh karakteristik sensor ACS712 yang memiliki sensitivitas terbatas pada rentang arus yang relatif kecil, sehingga perubahan arus dalam orde miliampere belum dapat terbaca sepresisi alat ukur referensi. Selain itu, proses konversi sinyal analog menjadi data digital pada modul analog PLC juga dapat memberikan pengaruh terhadap nilai pembacaan yang ditampilkan oleh sistem. Meskipun demikian, perbedaan tersebut tidak mengubah kecenderungan umum hasil pengukuran sehingga sensor tetap mampu menunjukkan perubahan arus sesuai dengan variasi beban yang diberikan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin besar beban yang diterima *belt conveyor*, semakin besar pula arus yang dibutuhkan motor untuk mempertahankan putaran. Kondisi tersebut sesuai dengan karakteristik motor DC, dimana peningkatan beban mekanis akan diikuti oleh peningkatan kebutuhan torsi sehingga arus masukan motor juga mengalami kenaikan. Hubungan antara beban dan arus yang diperoleh pada penelitian ini menunjukkan pola konsisten sehingga data hasil pembacaan sensor dapat dimanfaatkan sebagai salah satu indikator untuk memantau kondisi operasi motor selama *conveyor* bekerja.

Berdasarkan keseluruhan hasil pengujian, sensor ACS712 mampu menjalankan fungsi pemantauan arus sebagai bagian dari sistem pengaman *belt conveyor* berbasis PLC Mitsubishi FX3U. Meskipun masih terdapat perbedaan pembacaan terhadap AVO Meter pada beberapa kondisi pengujian, sensor tetap mampu memberikan informasi mengenai perubahan arus secara konsisten. Data tersebut selanjutnya digunakan oleh PLC sebagai salah satu parameter dalam proses pengambilan keputusan pada sistem proteksi. Dengan memadukan informasi arus dan kecepatan putaran motor, sistem dapat memberikan respon yang lebih akurat terhadap perubahan kondisi operasi dibandingkan apabila hanya menggunakan satu parameter pengukuran.

3.2. Pengujian Rotary Encoder

Pengujian *rotary encoder* dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sensor dalam membaca kecepatan putar motor DC selama *belt conveyor* beroperasi pada berbagai variasi pembebanan. *Rotary encoder* digunakan sebagai sensor utama untuk memperoleh informasi kecepatan putar motor (*revolutions per minute* atau RPM) yang selanjutnya diproses oleh PLC Mitsubishi FX3U sebagai salah satu parameter dalam sistem pengaman. Hasil pembacaan *rotary encoder* kemudian dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan tachometer digital sebagai alat ukur referensi untuk mengetahui tingkat kesesuaian pembacaan sensor terhadap kondisi putar motor yang sebenarnya.

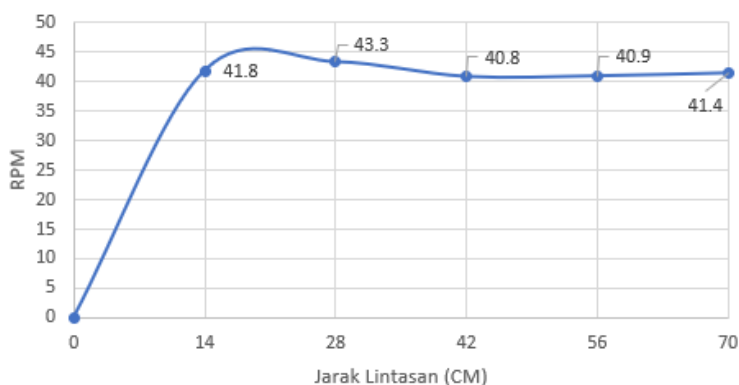
Pengujian dilaksanakan menggunakan variasi beban yang sama dengan pengujian sensor arus, yaitu dari kondisi tanpa beban hingga beban maksimum 10 KG. Setiap variasi beban diuji pada dua kondisi operasi, yaitu *Speed 1* dengan *setpoint* 40 RPM dan *Speed 2* dengan *setpoint* 60 RPM. Sebelum data dicatat, motor dijalankan hingga mencapai kondisi putaran yang stabil sehingga nilai RPM yang diperoleh dapat merepresentasikan kondisi operasi *conveyor* secara aktual. Seluruh data hasil pembacaan *rotary encoder* kemudian direkam oleh PLC dan dibandingkan dengan hasil pengukuran tachometer digital untuk mengevaluasi tingkat akurasi sensor.

Tabel 2. Tabel Hasil Pengujian *Rotary Encoder*

NO	BEBAN (KG)	Rotary Encoder (RPM)		ARUS ACS 712 (RPM)	
		Speed 1		Speed 2	
		PLC	Tacho meter	PLC	Tacho meter
1	0	40	41.2	61	62.2
2	2	40	41.3	60	61.3
3	5	41	41.5	61	59.8
4	7	39	38.9	61	59.9
5	10	-	-	-	-

Berdasarkan hasil pengujian yang diperoleh, *rotary encoder* mampu membaca perubahan kecepatan putar motor pada setiap variasi beban dengan baik. Ketika beban pada *belt conveyor* bertambah, kecepatan putar motor cenderung mengalami penurunan akibat meningkatnya beban mekanis yang harus diatasi oleh motor. Berdasarkan informasi tersebut, PLC memberikan perintah ke modul *Voltage to PWM Converter* untuk meningkatkan sinyal kendali sehingga tegangan yang diterima motor bertambah. Mekanisme ini dilakukan agar putaran motor tetap berada sedekat mungkin dengan nilai *setpoint* yang telah ditentukan yaitu 40 RPM pada *Speed 1* dan 60 RPM pada *Speed 2*.

Grafik RPM tanpa beban *Speed 1*



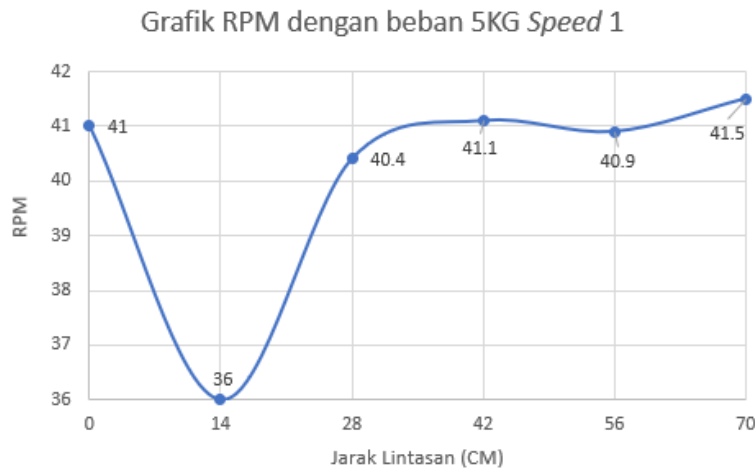
Gambar 5. Grafik Pengujian RPM *Speed 1* tanpa beban menggunakan *Tacho Meter*

Pada kondisi tanpa beban dengan Speed 1, nilai RPM motor mengalami peningkatan dari kondisi awal hingga mencapai putaran kerja. Setelah itu, kecepatan motor cenderung stabil pada kisaran 41,8–43,3 RPM, yang mendekati nilai setpoint sebesar 40 RPM. Fluktuasi RPM yang terjadi relatif kecil, sehingga menunjukkan bahwa sistem pengendalian berbasis PLC mampu mempertahankan kestabilan putaran motor selama belt conveyor beroperasi tanpa beban.



Gambar 6. Grafik Pengujian RPM Speed 1 dengan beban 2 KG menggunakan *Tacho Meter*

Pada kondisi beban 2 kg dengan Speed 1, nilai RPM mengalami fluktuasi pada awal pengujian, yaitu menurun dari 40,3 RPM menjadi 38,1 RPM pada jarak 14 cm akibat pengaruh penambahan beban. Selanjutnya, nilai RPM meningkat secara bertahap hingga mencapai 41,8 RPM pada jarak 56 cm dan berakhir pada 41,4 RPM di akhir lintasan. Hal ini menunjukkan bahwa PLC mampu merespons penurunan putaran dengan menyesuaikan sinyal kendali sehingga kecepatan motor kembali mendekati setpoint 40 RPM dan tetap stabil selama belt conveyor beroperasi.



Gambar 7. Grafik Pengujian RPM Speed 1 dengan beban 5 KG menggunakan *Tacho Meter*

Pada kondisi beban 5 kg dengan Speed 1, nilai RPM mengalami penurunan dari 41 RPM menjadi 36 RPM pada jarak 14 cm akibat bertambahnya beban yang diterima motor. Selanjutnya, nilai RPM meningkat kembali hingga berada pada kisaran 40,4–41,5 RPM sampai akhir lintasan. Hal ini menunjukkan bahwa PLC mampu merespons penurunan kecepatan putar dengan menyesuaikan sinyal kendali sehingga putaran motor kembali mendekati setpoint 40 RPM dan tetap stabil selama belt conveyor beroperasi meskipun diberikan beban 5 kg.



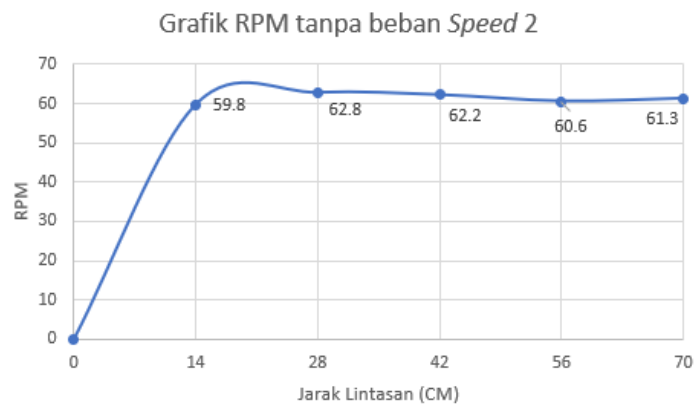
Gambar 8. Grafik Pengujian RPM *Speed 1* dengan beban 7 KG menggunakan *Tacho Meter*

Pada kondisi beban 7 kg dengan Speed 1, nilai RPM mengalami penurunan dari 42 RPM menjadi 38,6 RPM pada jarak 14 cm akibat bertambahnya beban yang diterima motor. Selanjutnya, nilai RPM cenderung meningkat secara bertahap hingga mencapai 41,1 RPM pada akhir lintasan. Hal ini menunjukkan bahwa PLC mampu merespons penurunan kecepatan putar dengan menyesuaikan sinyal kendali sehingga putaran motor dapat dipertahankan mendekati *setpoint* 40 RPM meskipun diberikan beban 7 kg.



Gambar 9. Grafik Pengujian RPM *Speed 1* dengan beban 10 KG menggunakan *Tacho Meter*

Pada kondisi beban 10 kg dengan Speed 1, nilai RPM pada awal pengujian masih berada di sekitar nilai *setpoint*, yaitu berkisar antara 38–41 RPM. Namun, pada jarak 42 cm nilai RPM turun hingga 0 RPM dan tetap berada pada kondisi tersebut hingga akhir lintasan. Hal ini menunjukkan bahwa beban yang diberikan telah mencapai batas kemampuan sistem sehingga PLC tidak lagi mampu mempertahankan putaran motor meskipun telah melakukan penyesuaian sinyal kendali. Kondisi tersebut mengindikasikan terjadinya penghentian putaran belt conveyor akibat arus maksimum yang diterima motor, sehingga sistem tidak dapat mempertahankan operasi pada *setpoint* 40 RPM.



Gambar 10. Grafik Pengujian RPM Speed 2 tanpa beban menggunakan Tacho Meter

Pada kondisi tanpa beban dengan Speed 2, nilai RPM motor mengalami peningkatan dari kondisi awal hingga mencapai putaran kerja. Setelah itu, kecepatan motor cenderung stabil pada kisaran 59,8–61,3 RPM, yang mendekati nilai setpoint sebesar 60 RPM. Fluktuasi RPM yang terjadi relatif kecil, sehingga menunjukkan bahwa sistem pengendalian berbasis PLC mampu mempertahankan kestabilan putaran motor selama belt conveyor beroperasi tanpa beban.



Gambar 11. Grafik Pengujian RPM speed 2 dengan beban 2 KG menggunakan Tacho Meter

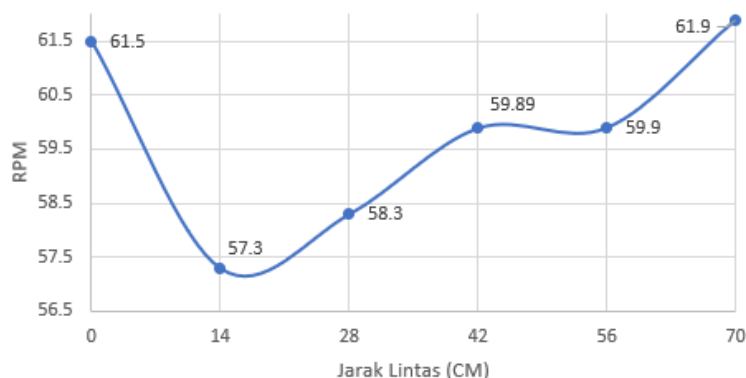
Pada kondisi beban 2 kg dengan Speed 2, nilai RPM mengalami fluktuasi pada awal pengujian, yaitu menurun dari 61,7 RPM menjadi 59 RPM pada jarak 14 cm akibat pengaruh penambahan beban. Selanjutnya, nilai RPM meningkat secara bertahap hingga mencapai 63,7 RPM pada jarak 28 cm dan berakhir pada 61 RPM di akhir lintasan. Hal ini menunjukkan bahwa PLC mampu merespons penurunan putaran dengan menyesuaikan sinyal kendali sehingga kecepatan motor kembali mendekati setpoint 60 RPM dan tetap stabil selama belt conveyor beroperasi.



Gambar 12. Grafik Pengujian RPM Speed 2 dengan beban 5 KG menggunakan Tacho Meter

Pada kondisi beban 5 kg dengan Speed 2, nilai RPM mengalami penurunan dari 59 RPM menjadi 54,3 RPM pada jarak 14 cm akibat bertambahnya beban yang diterima motor. Selanjutnya, nilai RPM meningkat kembali hingga berada pada kisaran 59,8–61 RPM sampai akhir lintasan. Hal ini menunjukkan bahwa PLC mampu merespons penurunan kecepatan putar dengan menyesuaikan sinyal kendali sehingga putaran motor kembali mendekati setpoint 60 RPM dan tetap stabil selama belt conveyor beroperasi meskipun diberikan beban 5 kg.

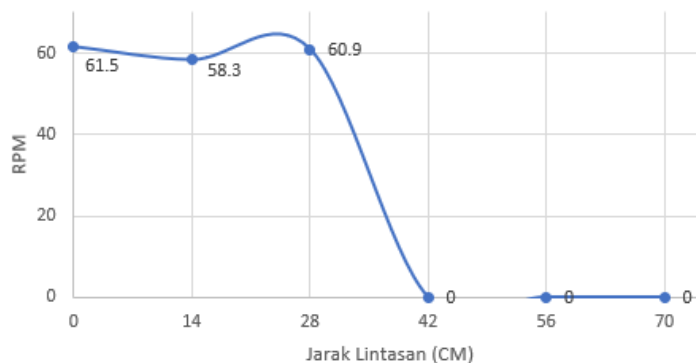
Grafik RPM dengan beban 7KG Speed 2



Gambar 13. Grafik Pengujian RPM Speed 2 dengan beban 7 KG menggunakan *Tacho Meter*

Pada kondisi beban 7 kg dengan Speed 2, nilai RPM mengalami penurunan dari 61,5 RPM menjadi 57,3 RPM pada jarak 14 cm akibat bertambahnya beban yang diterima motor. Selanjutnya, nilai RPM cenderung meningkat secara bertahap hingga mencapai 61,9 RPM pada akhir lintasan. Hal ini menunjukkan bahwa PLC mampu merespons penurunan kecepatan putar dengan menyesuaikan sinyal kendali sehingga putaran motor dapat dipertahankan mendekati *setpoint* 60 RPM meskipun diberikan beban 7 kg.

Grafik RPM dengan beban 10KG Speed 2



Gambar 14. Grafik Pengujian RPM Speed 2 dengan beban 10 KG menggunakan *Tacho Meter*

Pada kondisi beban 10 kg dengan Speed 2, nilai RPM pada awal pengujian masih berada di sekitar nilai *setpoint*, yaitu berkisar antara 61,5–60,9 RPM. Namun, pada jarak 42 cm nilai RPM turun hingga 0 RPM dan tetap berada pada kondisi tersebut hingga akhir lintasan. Hal ini menunjukkan bahwa beban yang diberikan telah mencapai batas kemampuan sistem sehingga PLC tidak lagi mampu mempertahankan putaran motor meskipun telah melakukan penyesuaian sinyal kendali. Kondisi tersebut mengindikasikan terjadinya penghentian putaran belt conveyor akibat arus maksimum yang diterima motor, sehingga sistem tidak dapat mempertahankan operasi pada *setpoint* 60 RPM.

Grafik hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai RPM yang diperoleh dari *rotary encoder* memiliki kecenderungan tetap berada di sekitar nilai *setpoint* meskipun terjadi penambahan beban. Hal tersebut menunjukkan bahwa sistem pengendalian mampu merespons penurunan kecepatan putar motor melalui penyesuaian sinyal kendali yang dikirim PLC ke modul *Voltage to PWM Converter*, sehingga tahanan yang diterima motor meningkat untuk mempertahankan putaran sesuai *setpoint*.

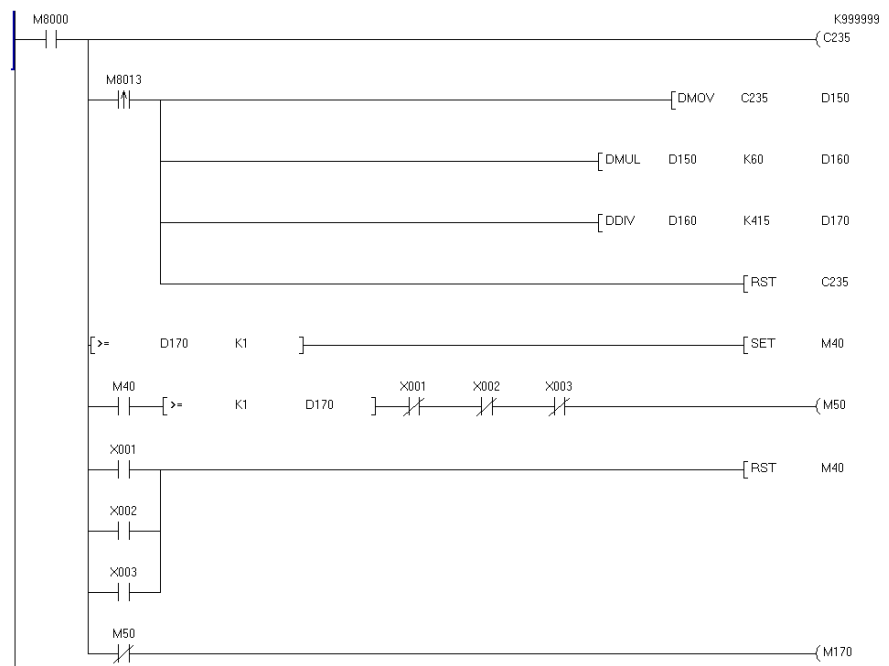
Namun, ketika beban yang diberikan semakin besar, kemampuan motor dalam mempertahankan kecepatan putar mulai menurun karena kebutuhan torsi yang semakin tinggi. Akibatnya, terjadi penyimpangan nilai RPM terhadap *setpoint*, terutama pada kondisi beban mendekati batas kemampuan sistem. Hasil tersebut menunjukkan bahwa performa sistem dalam mempertahankan kecepatan putar tidak hanya dipengaruhi oleh mekanisme pengendalian yang diterapkan, tetapi juga oleh karakteristik motor, kemampuan torsi, serta kondisi mekanis *belt conveyor* yang digunakan.

3.3. Implementasi Sistem Pengaman *Belt Conveyor*

Implementasi sistem pengaman dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan PLC Mitsubishi FX3U dalam mengolah informasi yang diperoleh dari sensor arus ACS712 dan *rotary encoder* sebagai dasar pengambilan keputusan proteksi pada *belt conveyor*. Kedua parameter tersebut dipantau secara *real-time* selama sistem beroperasi sehingga PLC dapat mengidentifikasi perubahan kondisi kerja motor yang disebabkan oleh penambahan beban. Berbeda dengan sistem yang hanya menggunakan satu parameter pengukuran, penelitian ini memanfaatkan kombinasi antara arus masukan motor dan kecepatan putar motor sehingga keputusan yang dihasilkan menjadi lebih representatif terhadap kondisi operasi *belt conveyor*.

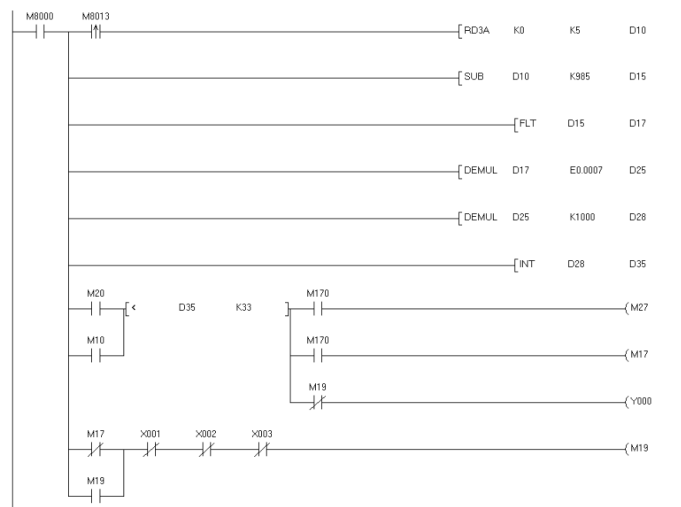
Selama proses pengujian, *rotary encoder* secara terus menerus mengirimkan informasi kecepatan putar motor kepada PLC. Ketika terjadi penambahan beban yang menyebabkan putaran motor menurun, PLC mendeteksi perubahan tersebut sebagai sinyal umpan balik (*feedback*). Selanjutnya, PLC memberikan perintah kepada modul *Voltage to PWM Converter* untuk menyesuaikan sinyal kendali menuju driver motor sehingga tegangan yang diterima motor meningkat. Mekanisme tersebut bertujuan untuk mempertahankan putaran motor agar tetap berada sedekat mungkin dengan nilai *setpoint* yang telah ditentukan.

Disisi lain, sensor ACS712 melakukan pemantauan terhadap arus masukan motor secara bersamaan. Seiring bertambahnya beban, arus motor mengalami peningkatan akibat kebutuhan torsi yang semakin besar. Informasi arus tersebut di proses oleh PLC sebagai indikator bertambahnya beban mekanis pada sistem. Dengan demikian PLC tidak hanya mempertimbangkan perubahan kecepatan putar motor, tetapi juga mengevaluasi perubahan arus sebagai parameter pendukur dalam menentukan kondisi operasi conveyor.



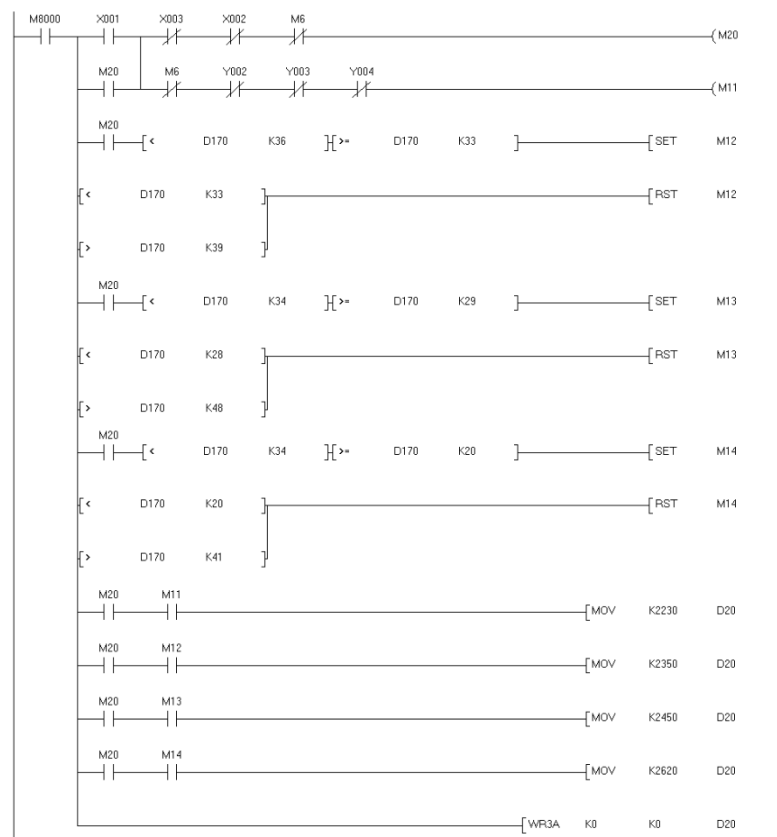
Gambar 15. Program pembacaan kecepatan

Pada gambar diatas menunjukkan ladder diagram yang digunakan untuk mendeteksi kecepatan putar motor menggunakan sinyal dari *rotary encoder*. Pulsa yang diterima oleh PLC dihitung menggunakan *high-speed counter* (C235), kemudian diproses melalui instruksi DMOV, DMUL, dan DDIV untuk memperoleh nilai RPM yang disimpan pada register D170. Selanjutnya, PLC membandingkan nilai RPM hasil perhitungan dengan nilai acuan yang telah ditentukan. Apabila nilai RPM memenuhi kondisi yang diprogram, PLC akan mengaktifkan *bit internal* sebagai sinyal pengendalian sistem sehingga proses pemantauan kecepatan motor dapat dilakukan secara *real-time*.

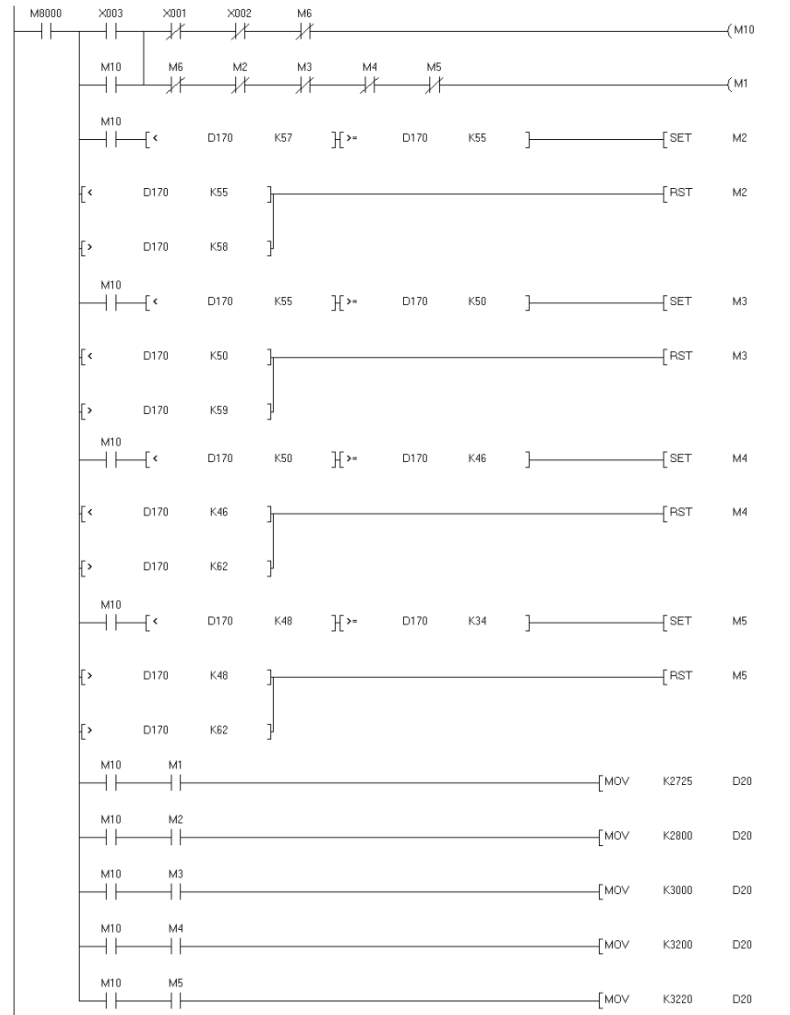


Gambar 16. Program pembacaan arus ouput

Pada gambar diatas menunjukkan ladder diagram yang digunakan untuk mengolah sinyal analog dari sensor arus ACS712 pada PLC Mitsubishi FX3U. Nilai analog yang diterima PLC dibaca melalui modul analog, kemudian diproses menggunakan instruksi aritmatika untuk mengubah nilai digital menjadi besaran arus dalam satuan ampere. Hasil konversi tersebut disimpan pada register D35 dan digunakan sebagai parameter pemantauan arus motor selama *belt conveyor* beroperasi. Selanjutnya, PLC membandingkan nilai arus dengan batas yang telah ditentukan. Apabila nilai arus melebihi batas yang diprogram, PLC akan mengaktifkan *bit internal* sebagai dasar pengambilan keputusan dalam sistem pengaman sehingga motor dapat dihentikan untuk mencegah terjadinya beban berlebih (*overload*).

Gambar 17. Program pengendalian kecepatan motor *conveyor Speed 1*

Pada gambar diatas menunjukkan ladder diagram pengendalian *Speed 1* menggunakan PLC Mitsubishi FX3U. Nilai RPM hasil pembacaan *rotary encoder* pada register D170 dibandingkan dengan rentang *setpoint* yang telah ditentukan. Berdasarkan hasil perbandingan tersebut, PLC memilih nilai PWM yang sesuai dan mengirimkannya ke register D20 untuk mengatur kecepatan motor. Proses ini memungkinkan sistem mempertahankan putaran motor mendekati setpoint 40 RPM meskipun terjadi perubahan beban.



Gambar 18. Program pengendalian kecepatan motor *conveyor Speed 2*

Pada gambar diatas menunjukkan ladder diagram pengendalian *Speed 2* menggunakan PLC Mitsubishi FX3U. Nilai RPM hasil pembacaan *rotary encoder* pada register D170 dibandingkan dengan rentang *setpoint* yang telah ditentukan. Berdasarkan hasil perbandingan tersebut, PLC akan memilih nilai PWM yang sesuai dan mengirimkannya ke register D20 untuk mengatur kecepatan motor. Mekanisme ini memungkinkan sistem mempertahankan putaran motor mendekati *setpoint* 60 RPM selama kondisi beban masih berada dalam batas kemampuan sistem.

Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem mampu mempertahankan kondisi operasi secara stabil pada variasi beban yang masih berada dalam kapasitas kerja motor. Ketika beban bertambah, PLC berupaya mempertahankan putaran motor melalui penyesuaian sinyal kendali sehingga nilai RPM tetap mendekati *setpoint*. Namun ketika beban yang diberikan semakin besar hingga mendekati batas kemampuan sistem, kebutuhan torsi meningkat secara signifikan sehingga kemampuan pengendalian mulai menurun. Pada kondisi tersebut nilai RPM tidak lagi dapat dipertahankan secara optimal meskipun PLC telah meningkatkan sinyal kendali menuju motor.

Secara keseluruhan, integrasi sensor arus ACS712, rotary encoder, dan PLC Mitsubishi FX3U mampu menjalankan fungsi pemantauan dan pengendalian sesuai tujuan penelitian. Sistem dapat mempertahankan putaran motor mendekati setpoint pada berbagai variasi beban serta mendeteksi potensi gangguan pada belt conveyor, sehingga layak diterapkan sebagai sistem pengaman pada prototipe skala laboratorium.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem pengaman belt conveyor berbasis PLC Mitsubishi FX3U dengan memanfaatkan sensor arus ACS712 dan rotary encoder sebagai parameter pemantauan kondisi operasi motor. Hasil pengujian menunjukkan bahwa rotary encoder mampu memantau kecepatan putar motor mendekati nilai pengukuran tachometer pada setpoint 40 RPM dan 60 RPM, sedangkan sensor ACS712 mampu mendeteksi peningkatan arus akibat bertambahnya beban sehingga dapat digunakan sebagai parameter proteksi overload dengan batas arus sebesar 0,033 A.

Integrasi kedua sensor dengan PLC memungkinkan sistem melakukan pemantauan kondisi motor secara real-time serta menghentikan motor secara otomatis ketika parameter operasi melebihi batas yang telah ditentukan. Berdasarkan hasil pengujian, pengoperasian pada setpoint 40 RPM menghasilkan kestabilan putaran yang lebih baik dibandingkan 60 RPM untuk variasi beban yang sama. Penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan menggunakan sensor arus yang memiliki sensitivitas lebih tinggi, menerapkan metode pengendalian kecepatan yang lebih adaptif, serta menguji sistem pada belt conveyor skala industri dengan kapasitas beban yang lebih besar.

REFERENSI

- [1] Alharbi, F., & Luo, S. (2024). A Review of Fault Detecting Devices for Belt Conveyor Idlers. *Journal of Mechanical Engineering Science and Technology (JMEST)*, 8(1), 39. <https://doi.org/10.17977/um016v8i12024p039>
- [2] Alkhaqiqi, F. Y. A., & Irawan, D. (2024). Analysis of Damage Handling in The PT Petrokimia Gresik Factory Conveyor Safety System Using The Naive Bayes Method. *JEEE-U (Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA)*, 8(1), 36–45. <https://doi.org/10.21070/jeeeu.v8i1.1684>
- [3] Amin, M., Ananda, R., & Eska, J. (2019). Analisis Penggunaan Driver Mini Victor L298N Terhadap Mobil Robot Dengan Dua Perintah Android Dan Arduino Nano. *JURTEKSI (Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi)*, 6(1), 51–58. <https://doi.org/10.33330/jurteksi.v6i1.396>
- [4] Aosoby, ReckiAosoby, R., Rusianto, T., & Waluyo, J. (2016). (2020). Perancangan Belt Conveyor sebagai Pengangkut Batubara dengan Kapasitas 2700 Ton/Jam. *Jurnal Teknik Mesin Institut Sains & Teknologi AKPRIND*, 3(1), 45–51. <https://ejournal.akprind.ac.id/index.php/mesin/article/view/217ADDIN>
- [5] Erinofiardi. (2020). Analisa Kerja Belt Conveyor 5857-V Kapasitas 600 Ton/Jam. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 3(3), 450–458. <https://doi.org/10.21776/jrm.v3i3.170>
- [6] Farhat, M. H., Gelman, L., Abdullahi, A. O., Ball, A., Conaghan, G., & Kluis, W. (2023). Novel Fault Diagnosis of a Conveyor Belt Mis-Tracking via Motor Current Signature Analysis. *Sensors*, 23(7). <https://doi.org/10.3390/s23073652>
- [7] Mahardi, R. D., Sunuharjo, L., Hendrawan, D., Atiq, M., Wahyuadi, R. A., Prakosa, S., & Nugraha, A. (2024). Desain Perancangan Buck Converter Berbasis IC LM2596 Departemen Electrical Engineering, Sekolah Tinggi Teknik Pati, Indonesia. 7(Buck Converter, IC LM2596, Voltage Reducer), 11. <https://doi.org/10.59061/jsit.v7i2.909>
- [8] Muhammad, U., Mukhlisin, Nuardi, Mansur, A., & Aditya Bachri Maulana, M. (2021). Rancang Bangun Power Supply Adjustable Current pada Sistem Pendingin Berbasis Termoelektrik. *Journal Of Electrical Engginering (Joule)*, 2(2), 106–110. <https://doi.org/10.1234/JOULE.V2I2.197>
- [9] Paredes, F., Herrojo, C., & Martín, F. (2021). Position Sensor for Industrial Applications Based on Electromagnetic Encoders. *Sensors*. <https://doi.org/10.3390/s21082738>
- [10] Pramudito, M. H. (2022). Sistem Pengendali Barge Loading Conveyor Pada Belt Conveyor Pemindah Batu Bara. *Power Elektronik : Jurnal Orang Elektro*, 11(2), 168. <https://doi.org/10.30591/polektro.v12i1.3655>
- [11] Putri, T. W. O., & Mowaviq, M. I. (2021). Prototype of automatic conveyor system using programmable logic controller for educational purpose. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1173(1), 012037. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1173/1/012037>
- [12] Rumpa, L. D., Ambabunga, Y. A., & Pineng, M. (2023). Optimization of ACS712 Sensor Current Measurement in Solar Power System through Regression Modeling. *Journal of Applied Informatics and Computing*, 7(2), 198–201. <https://doi.org/10.30871/jaic.v7i2.6511>

- [13] Surindra, M. D. (2022). Analisis Respon Output Dari Pemodelan Kontrol Proporsional Pada Aktuator Motor Dc. *Eksergi*, 9(2), 43–46. <https://doi.org/10.32497/eksergi.v9i2.187>
- [14] Triyono, B., Prasetyo, Y., Winarno, B., & Wicaksono, H. H. (2021). Electrical Motor Interference Monitoring Based on Current Characteristics. *Journal of Physics: Conference Series*, 1845(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1845/1/012044>
- [15] Wahyu Oktaviana Putri, T., & Imbarothur Mowaviq, M. (2021). Prototipe Sistem Konveyor Otomatis Dengan Kendali Kecepatan Berbasis Programmable Logic Controller. *Barometer*, 6 No.1(1), 289–294. <https://doi.org/10.35261/barometer.v6i01.4505>
- [16] J. Mardiah and Ikhsanudin, "Perbaikan Rubber Skirt Mesin Belt Conveyor di PT. Cemindo Gemilang Tbk: Analisis Potensi Bahaya dan Pengendaliannya," *Motor Bakar: Jurnal Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Tangerang*, vol. 9, no. 1, pp. 1–13, Jan. 2025. <https://doi.org/10.31000/mbjtm.v9i1.13198>