



Simulasi Pengendalian Overload Pada Hoist Crane Dengan Memanfaatkan Cx-Programmer Dan Cx-Designer

Bambang Dwinanto^{1*}, Safri Umardi²

^{1,2}Teknik Elektro, Universitas Gunadarma, Indonesia

Jl. Margonda Raya No.100 Pondok Cina Depok Jawa Barat
Korespondensi penulis: bambang_dwi@staff.gunadarma.ac.id

Abstract. A hoist crane is a type of crane specifically designed to lift and move loads. Overloading of a hoist crane occurs when the load being lifted exceeds the crane's maximum capacity, which can cause damage to the crane and even endanger the operator. This simulation design utilises cx-programmer software as the main control in the form of a ladder diagram and cx-designer software as a monitoring tool that displays input and output indicators in HMI (Human-Machine Interface) format. In previous research, only the cx-programmer was used to set the maximum permissible load, without utilizing cx-designer to design the interface with HMI for setting the maximum permissible load. The simulation that has been compiled is then operated and tested by monitoring the inputs and outputs that appear on the HMI. Weights ranging from 0 to 2699 kg (safe load) are indicated by a green light. Weights ranging from 2700 to 3000 kg (load approaching the safe limit, still liftable) are indicated by a yellow light. Weights ≥ 3001 kg (excess load) are indicated by a red light. The load weight affects the power used; for a weight of 1000 kg, 1.22 kW of power is required. For 1500 kg, 1.83 kW of power is required. For 2000 kg, 2.45 kW of power is required. For a weight of 2500 kg, 3 kW of power is required. And for 3000 kg, 3.6 kW of power is required. The entire simulation process shows that the integration between the ladder diagram (control) and HMI (visualisation) can function synchronously and effectively, in accordance with the design and objectives that have been set.

Keywords: Overload, Hoist Crane, Cx-programmer, Cx-designer, HMI

Abstrak. Hoist crane merupakan tipe crane yang dibuat khusus untuk mengangkat serta memindahkan beban. Overload pada hoist crane terjadi saat beban yang diangkat melampaui kapasitas maksimum cranenya, yang dapat mengakibatkan kerusakan pada bagian crane tersebut dan bahkan membahayakan operator. Desain simulasi ini memanfaatkan perangkat lunak cx-programmer sebagai kontrol utama dalam bentuk ladder diagram dan perangkat lunak cx-designer sebagai alat untuk memonitor yang menampilkan indikator input dan output dalam format HMI (Antarmuka Manusia-Mesin). Pada penelitian sebelumnya hanya menggunakan cx-programmer untuk mengatur beban maksimal yang diperkenankan tanpa menggunakan cx-designer untuk mendesain antar muka dengan HMI dalam mengatur beban maksimal yang diperkenankan. Simulasi yang telah disusun tersebut kemudian dioperasikan dan diuji dengan memantau input dan output yang muncul di HMI. Pada rentang berat 0 sampai 2699 kg (beban aman) ditandai dengan lampu hijau. Pada rentang berat 2700 sampai 3000 kg (beban mendekati batas aman, masih dapat diangkat) ditandai dengan lampu kuning. Dan untuk berat ≥ 3001 kg (beban berlebih) menunjukkan lampu merah. Berat beban mempengaruhi daya yang digunakan; untuk berat 1000 kg diperlukan daya sebesar 1,22 kW. Untuk 1500 kg dibutuhkan daya 1,83 kW. Untuk 2000 kg, daya yang diperlukan adalah 2,45 kW. Pada berat 2500 kg dibutuhkan daya 3 kW. Dan untuk 3000 kg, daya yang diperlukan adalah 3,6 kW. Keseluruhan proses simulasi menunjukkan bahwa integrasi antara ladder diagram (kontrol) dan HMI (visualisasi) dapat berfungsi secara sinkron dan efektif, sesuai dengan desain serta tujuan yang telah ditetapkan.

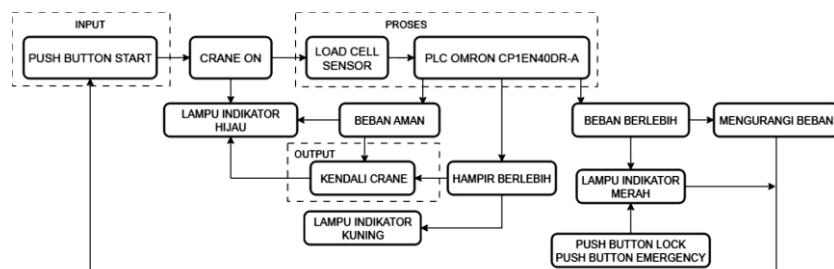
Kata kunci: Overload, Hoist Crane, Cx-programmer, Cx-designer, HMI.

1. LATAR BELAKANG

Hoist crane adalah alat berat industri yang menggabungkan sistem hoist (pengangkat vertikal) dengan crane (kemampuan memindahkan horizontal) untuk mengangkat dan memindahkan beban sangat berat secara efisien di berbagai lokasi seperti pabrik, konstruksi, dan pelabuhan. Overload pada hoist crane terjadi saat beban yang diangkat melampaui kapasitas maksimum cranenya, yang dapat mengakibatkan kerusakan pada bagian crane tersebut dan bahkan membahayakan operator (Aprilia, I. W., Kristiyono, A. E., Pribadi, T., Sonhaji, S., & Sandi, W. M., 2024). Desain simulasi ini memanfaatkan perangkat lunak cx-programmer sebagai kontrol utama dalam bentuk ladder diagram dan perangkat lunak cx-designer sebagai alat untuk memonitor yang menampilkan indikator input dan output dalam format HMI (Antarmuka Manusia-Mesin) (Rani, A., Bukhari, B., & Razi, M, 2023). Simulasi yang telah disusun tersebut kemudian dioperasikan dan diuji dengan memantau input dan output yang muncul di HMI. Pada rentang berat 0 sampai 2699 kg (beban aman) ditandai dengan lampu hijau. Pada rentang berat 2700 sampai 3000 kg (beban mendekati batas aman, masih dapat diangkat) ditandai dengan lampu kuning. Dan untuk berat ≥ 3001 kg (beban berlebih) menunjukkan lampu merah. Berat beban mempengaruhi daya yang digunakan; untuk berat 1000 kg diperlukan daya sebesar 1,22 kW. Untuk 1500 kg dibutuhkan daya 1,83 kW. Untuk 2000 kg, daya yang diperlukan adalah 2,45 kW. Pada berat 2500 kg dibutuhkan daya 3 kW. Dan untuk 3000 kg, daya yang diperlukan adalah 3,6 kW. Keseluruhan proses simulasi menunjukkan bahwa integrasi antara ladder diagram (kontrol) dan HMI (visualisasi) dapat berfungsi secara sinkron dan efektif, sesuai dengan desain serta tujuan yang telah ditetapkan.

2. KAJIAN TEORITIS

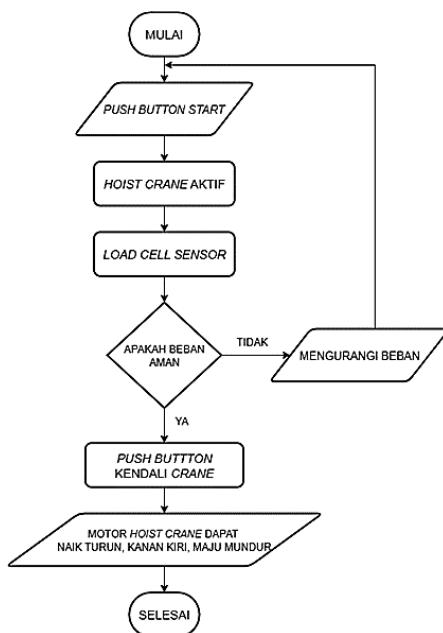
Di bawah ini adalah desain dan metode operasi dari diagram blok simulasi kontrol kelebihan beban pada crane hoist yang memanfaatkan cx-programmer dan cx-designer.



Gambar 1. Rancangan dan Cara Kerja Blok Diagram

Pada gambar 1. di atas, terlihat diagram blok untuk simulasi pengendalian kelebihan beban pada hoist crane yang memanfaatkan cx-programmer dan cx-designer. Proses simulasi ini dimulai dengan menekan tombol start, yang menyebabkan sistem crane menjadi aktif, yang ditunjukkan dengan lampu indikator berwarna hijau. Sensor load cell akan mengenali dan memberikan informasi mengenai berat beban. Selanjutnya, PLC Omron CP1EN40DR-A berfungsi sebagai pengatur untuk menentukan apakah beban berada dalam kondisi aman, hampir berlebih, atau berlebih. Ketika beban berada dalam kondisi aman, lampu indikator hijau akan menyala dan instruksi untuk mengoperasikan crane siap diterapkan. Jika beban mendekati batas maksimum, lampu indikator kuning menyala, menunjukkan bahwa beban masih bisa diangkat tetapi hampir mencapai kapasitas overload. Sementara itu, jika beban sudah berlebih, lampu indikator merah menyala. Dalam keadaan ini, reset dapat dilakukan dengan mengurangi beban dan menekan tombol start kembali. Tombol lock dan tombol darurat berfungsi sebagai langkah pencegahan ketika crane beroperasi dan terdapat situasi darurat atau objek yang menghalangi. Semua langkah simulasi ini ditampilkan pada HMI cx-designer (Awalludin, Ahmad Fazwan Ahmad, 2015).

Di bawah ini adalah skema serta metode kerja flowchart untuk simulasi pengendalian kelebihan beban pada hoist crane menggunakan cx-programmer dan cx-designer.



Gambar 2. Flowchart cara kerja alat

Penjelasan dari diagram alur yang terdapat pada gambar 2 di atas adalah sebagai berikut:

1. Prosedur yang pertama dilakukan adalah menekan tombol push button start sebagai langkah awal dari sistem.
2. Saat tombol push button start ditekan, sistem akan secara otomatis menghidupkan hoist crane.
3. Selanjutnya, sistem akan mendeteksi berat beban yang akan diangkat melalui sensor load cell. Sensor ini memiliki peran untuk mengukur berat objek yang akan diangkat oleh crane.
4. Sistem akan memeriksa berat beban. Apakah beban tersebut masih dalam batas aman sesuai kapasitas hoist crane.
 - Jika "Tidak" (beban melebihi batas), sistem akan merekomendasikan untuk mengurangi beban sebelum melanjutkan. Setelah bebannya dikurangi, sistem akan melakukan pemeriksaan ulang terhadap kondisi beban.
 - Jika "Ya" (beban berada dalam batas aman), proses akan dilanjutkan ke tahap pengendalian crane.
5. Tahap berikutnya adalah menekan tombol push button untuk mengendalikan crane dan mengatur pergerakannya.
6. Crane akan bergerak berdasarkan instruksi yang diberikan.

a) Programmable Logic Control (PLC)

PLC merupakan suatu peralatan kontrol yang dapat diprogram untuk mengontrol proses atau operasi mesin. Kontrol program dari PLC adalah menganalisis sinyal input kemudian mengatur keadaan output sesuai dengan keinginan pengguna (Adi, P. D. P., & Kom, S., 2020).



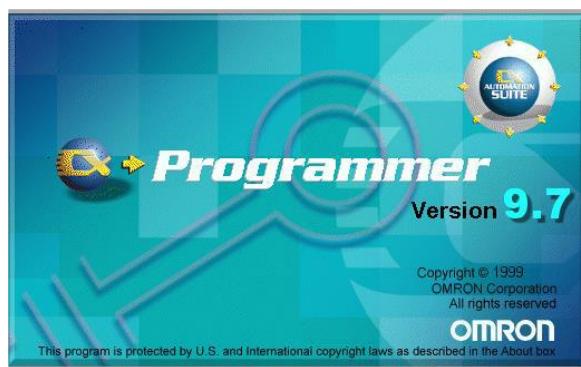
Gambar 3. PLC Omron Sysmac CP1E-N40DR-A

Keadaan input PLC digunakan dan disimpan didalam memori dimana PLC melakukan instruksi logika yang di program pada keadaan input-nya Peralatan input dapat berupa sensor photo elektrik, push button pada panel kontrol, limit switch atau peralatan lainnya dimana dapat menghasilkan suatu sinyal yang dapat masuk ke dalam PLC. Peralatan output dapat berupa switch yang menyalakan lampu indikator, relay yang menggerakkan motor atau peralatan lain yang dapat digerakkan oleh sinyal output dari PLC. Selain itu PLC juga menggunakan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi-instruksi yang melaksanakan fungsi-fungsi khusus seperti: logika pewaktuan, sekuensial dan aritmetika yang dapat mengendalikan suatu mesin atau proses melalui modul-modul I/O baik analog maupun digital (SUTOMO, Artono Dwijo, 2007).

Komponen-komponen pada PLC terdiri dari 5 (lima) komponen penyusun dimana semua komponen tersebut harus ada agar PLC tersebut dapat dioperasikan secara normal. Komponen-komponen tersebut yaitu, control processing unit (CPU), memory, programmer, unit input dan output (I/O), power supply.

b) Software Cx-Programmer

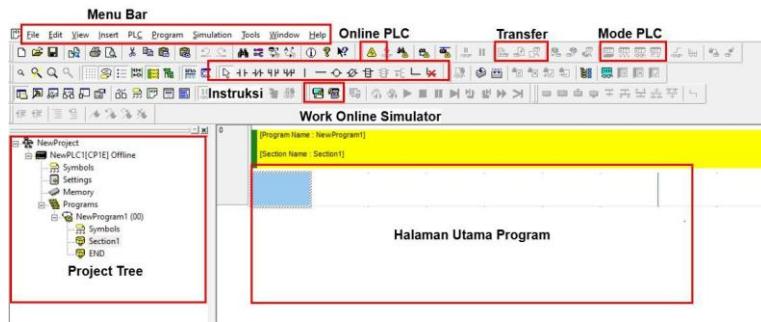
Cx-programmer adalah sebuah perangkat lunak yang digunakan untuk membuat dan memprogram debug untuk unit CPU CS / CJ / CP / NSJ-series, C-series, dan CVM1 / CV-series. Data yang dapat dibuat dan dapat dipantau sebagai unit kontrol posisi berkecepatan tinggi. Software cx-programmer ini sendiri merupakan salah satu software bagian dari Cx-One (Juwono, C. P., Joko, J., Suprianto, B., & Endryansyah, E, 2022).



Gambar 4. Software Cx-programmer

Gambar 4. diatas merupakan software cx-programmer versi 9.7 yang digunakan untuk memprogram ladder diagram. Software cx-programmer ini memiliki salah satu

fitur tambahan yaitu adanya fitur simulasi tanpa harus terhubung langsung dengan PLC, sehingga dapat mensimulasikan ladder diagram yang sudah dibuat dan simulasi ini juga bisa dihubungkan dengan HMI PLC Omron yang telah dibuat dengan menggunakan cx-designer (bagian dari cx-one).



Gambar 5. Tampilan Utama Software Cx-programmer

Tampilan utama CX-Programmer merupakan jendela aplikasi terintegrasi dalam paket Omron CX-One, menampilkan area kerja utama berupa editor tangga (ladder diagram) dengan toolbar, menu, dan jendela Output untuk menampilkan pesan error atau informasi lainnya, memungkinkan pengguna membuat, mengedit, dan memantau program PLC Omron dengan berbagai fungsi seperti online monitoring dan simulasi, dengan jendela Project Tree untuk navigasi.

c) Software Cx-Designer

Cx-designer adalah sebuah software HMI buatan Omron yang berfungsi untuk memvisualisasikan kejadian, peristiwa, atau pun proses yang sedang terjadi di plant secara nyata sehingga dengan HMI operator lebih mudah dalam melakukan pekerjaan. Biasanya HMI digunakan juga untuk menunjukkan kesalahan mesin, status mesin memudahkan operator untuk memulai dan menghentikan operasi, serta memonitor beberapa part pada mesin produksi (Yudha, F. A. K., & Riyanta, B., 2022).



Gambar 6. Software Cx-designer

Gambar 6. di atas menunjukkan tampilan cx-designer. Cx-designer berfungsi untuk menggambarkan suatu aplikasi yang sudah dirancang atau kegiatan yang sedang berlangsung secara aktual dengan cara membuat simulasi terlebih dahulu. Cx-designer juga bermanfaat bagi pengoperasi dalam mengidentifikasi kesalahan dalam aplikasi sebelum diimplementasikan ke dalam sistem yang sesungguhnya di sebuah industri (Rodi, Gibson Panyau Anak Jackson, and Rosidah Sam, 2021).

d) Load Cell

Load tension atau disebut juga sensor berat digunakan pada crane untuk mengukur dan memantau beban yang diangkat oleh crane. Sensor berat atau sensor beban pada crane berfungsi untuk mendeteksi dan mengukur berat beban yang diangkat oleh main hook dan auxalary hook (Kurnia, R., Firdaus, R., Lufti, L., & Anshor, M. H, 2019)

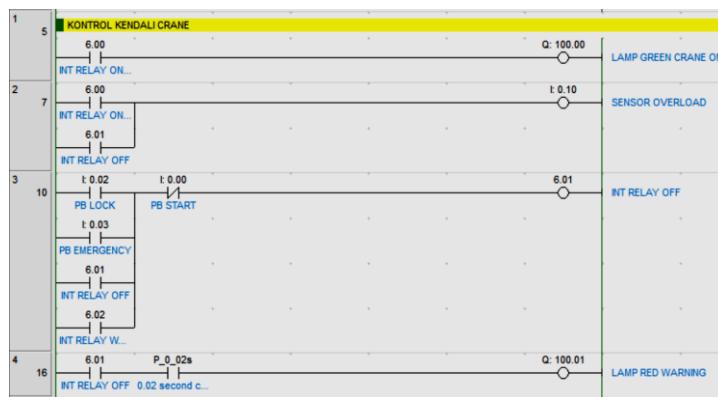


Gambar 7. Load Cell Hook Crane

Gambar 7. menampilkan Load Cell Hook Crane. Load cell adalah komponen sensor yang terdiri dari bahan elastis atau strain gauge yang dipasang didalamnya. Ketika beban diterapkan pada load cell, bahan elastis atau strain gauge pada load cell akan mengalami deformasi. Deformasi ini akan mengubah tahanan listrik atau sinyal tegangan pada strain gauge didalam load cell (Muller, I., de Brito, R. M., Pereira, C. E., & Brusamarello, V., 2010).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari simulasi yang diuji menampilkan antarmuka input dan output HMI di cx-designer, juga komunikasi antar cx-designer yang berfungsi sebagai antarmuka untuk proses pengoperasian langkah-langkah eksekusi ladder diagram dalam cx-programmer. Pengujian simulasi ini mencakup situasi saat sistem dinyalakan, saat sensor load cell melakukan pengukuran berat, saat crane sedang beroperasi, saat terjadi penguncian, saat kondisi darurat, dan saat sistem dihentikan.

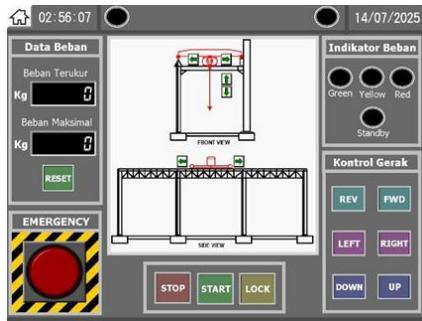


Gambar 8. Rancangan dan Cara Kerja Ladder Diagram Kontrol Kendali Crane

Pada gambar 8. diatas merupakan rancangan ladder diagram kontrol kendali crane menggunakan program cx-programmer. Penjelasan keterangan rancangan program lebih lanjut pada tabel dibawah.

Tabel 1. Rancangan dan Cara Kerja Ladder Diagram Kontrol Kendali Crane

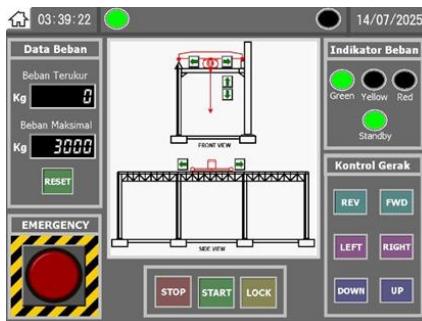
No.	Nama/Wiring	Keterangan	Fungsi	Alamat
1	Pb Lock	Input	Input sistem berhenti	0.02
2.	Pb Emergency	Input	Input sistem berhenti (darurat)	0.03
3.	0.02 Second Clock Pulse Bit	Input	Sinyal input data 0.02 bit/second	P_0_02s
4.	Lamp Green Crane ON	Output	Lampu indikator sistem ON	100.00
5.	Lamp Red Warning	Output	Lampu indikator sistem warning	100.01



Gambar 9. Rancangan HMI Simulasi Overload Control Pada Hoist Crane

Gambar 9. menunjukkan rancangan HMI simulasi overload control pada hoist crane. Setelah membuat tampilan simulasi HMI overload control pada hoist crane menggunakan cx-designer, langkah selanjutnya adalah menghubungkan pada software cx-programmer agar simulasi pada cx-designer dapat berjalan. Bagian input dan output tampilan HMI dihubungkan dengan alamat I/O ladder diagram pada cx-programmer.

a) Pengujian Beban



Gambar 10. Tampilan Saat Pb Start ditekan

Gambar 10. diatas menunjukkan kondisi saat Pb (*Push Button*) start ditekan, dapat terlihat bahwa indikator ON menyala yang artinya sistem dapat dijalankan.

Pada bagian ini menjelaskan mengenai pengujian 3 kondisi pada sensor overload. Kondisi yang pertama ketika sensor membaca berat beban masih dibawah batas aman. Sedangkan kondisi kedua ketika sensor membaca berat beban berada pada batas aman. Sedangkan kondisi ketiga ketika sensor membaca berat beban berada diatas batas aman. Setelah sensor membaca berat beban, selanjutnya data tersebut akan dikendalikan oleh PLC Omron CP1EN40DR-A.

b) Analisis Pengujian Beban Aman

Pada bagian ini akan menjelaskan mengenai kondisi yang pertama, yaitu ketika sensor membaca berat beban aman untuk diangkat.



Gambar 11. Tampilan ketika beban aman

Gambar 11. Memperlihatkan bahwa antara beban terukur dan beban maksimum masih dalam kondisi aman. Karena beban terukur 1000kg dan beban maksimal 3000 kg, maka indikator beban berwarna hijau yang artinya berat beban aman untuk diangkat crane.

c) Analisis Pengujian Beban Hampir Berlebih

Pada bagian ini akan menjelaskan mengenai kondisi yang kedua, yaitu ketika sensor membaca berat beban berada pada batas aman. Gambar 12. dibawah ini menunjukkan kondisi ketika sensor membaca berat beban dan mengirim data pada PLC.



Gambar 12. Tampilan Ketika Beban Hampir Lebih

Dari gambar 12. Menampilkan kondisi beban ketika mendekati nilai maksimum yang diperkenankan. Karena beban terukur 2800 kg dan beban maksimal 3000 kg, maka indikator beban berwarna kuning yang artinya beban masih bisa untuk diangkat crane namun mendekati overload. Pada kondisi ini berat beban mendekati batas overload.

d) Analisis Ketika Beban Berlebih

Pada bagian ini akan menjelaskan mengenai kondisi yang ketiga, yaitu ketika sensor membaca berat beban berada diatas batas aman atau overload. Gambar 13. dibawah ini menunjukkan kondisi ketika sensor membaca berat beban dan mengirim data pada PLC.



Gambar 13. Tampilan ketika beban berlebih

Gambar 13. Menampilkan kondisi beban berlebih. Mengingat beban yang terukur mencapai 3100 kg, sedangkan kapasitas maksimum adalah 3000 kg, indikator load akan berwarna merah, yang menunjukkan bahwa terdapat kelebihan beban atau overload. Dalam situasi overload, indikator merah sistem akan berkedip. Selain itu, kontrol crane tidak dapat dioperasikan. Situasi overload dapat direset dengan menekan tombol Pb reset dan mengurangi berat beban yang ada. Setelah mengurangi beban, langkah selanjutnya adalah menekan tombol Pb start, maka sistem akan melakukan pemeriksaan ulang terhadap kondisi beban.

e) Perhitungan Daya Berdasarkan Beban

Pada bagian ini akan menjelaskan mengenai perhitungan daya yang diperlukan motor hoist berdasarkan berat dari suatu beban yang akan dipindahkan. Pada tabel 2. diatas merupakan perhitungan daya yang diperlukan motor hoist berdasarkan berat dari suatu beban yang akan dipindahkan.

Tabel 2. Pemakaian daya berdasarkan beban

No.	Berat Beban (Kg)	Daya Yang Diperlukan (kW)
1	1000	1,22
2	1500	1,83
3	2000	2,45
4	2500	3
5	3000	3,6

Perhitungan daya yang diperlukan diketahui dengan rumus berikut :

$$P = \frac{M \cdot g \cdot v}{\eta}$$

Dimana :

P = daya (Watt)

M = massa (kg)

g = gravitasi ($9,8 \text{ m/s}^2$)

v = kecepatan gerak (m/s) ----- dalam hal ini kecepatan gerak $0,1 \text{ m/s}$

η = efisiensi (pada simulasi ini asumsi efisiensi motor sebesar 80%)

Dari contoh perhitungan yang didapat pada tabel 2, untuk beban dengan berat 3000 Kg, daya yang diperlukan motor hoist sebesar 3,6 kW. Sedangkan pada tabel name plate dari motor hoist NHE3T memerlukan daya 4 kW. Artinya pada beban 3000 Kg, dengan daya 3,6 kW bisa dioperasikan pada motor dengan daya 4 kW.

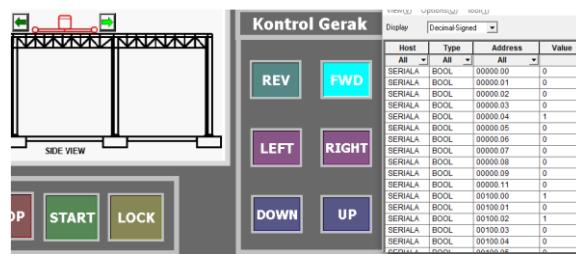
f) Pengujian Gerak Crane

Pada bagian ini menjelaskan mengenai pengujian kontrol kendali gerak crane. Pada kontrol kendali gerak crane terdapat instruksi maju mundur, atas bawah dan kanan kiri. Pengujian ini dilakukan dengan melihat dari indikator pada HMI, yaitu ketika menekan push button maka HMI akan menampilkan indikator yang menyala.

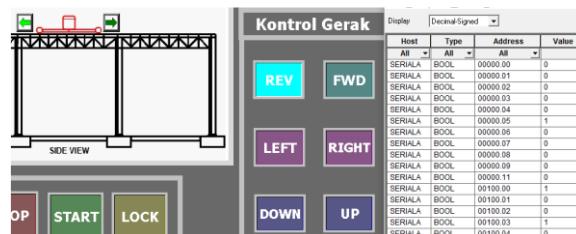
g) Analisis Kendali *Forward Reverse*

Bagian ini merupakan penjelasan mengenai hasil pengujian pada kendali gerak forward reverse dengan mengamati HMI. Gambar 8. dibawah ini merupakan tampilan HMI gerak forward.

Gambar 14. merupakan tampilan HMI cx-designer. Pada kondisi beban aman, kendali crane dapat digunakan. Saat alamat kontak (0.04) yaitu Pb forward pada kondisi set maka akan menjalankan output kontak (100.02) motor forward. Pada HMI indikator crane forward akan menyala.



Gambar 14. Ketika motor bergerak *forward*

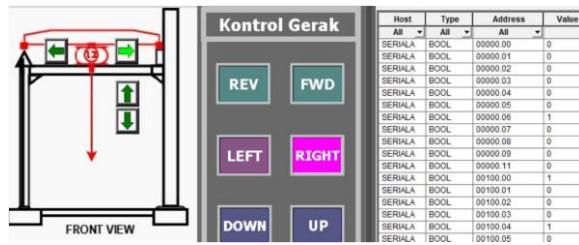


Gambar 15. Ketika motor bergerak *reverse*

Gambar 15. diatas merupakan tampilan HMI cx-designer. Pada kondisi beban aman, kendali crane dapat digunakan. Saat alamat kontak (0.05) yaitu Pb reverse pada kondisi set maka akan menjalankan output kontak (100.03) motor reverse. Pada HMI indikator crane reverse akan menyala.

h) Analisis Kendali *Right Left*

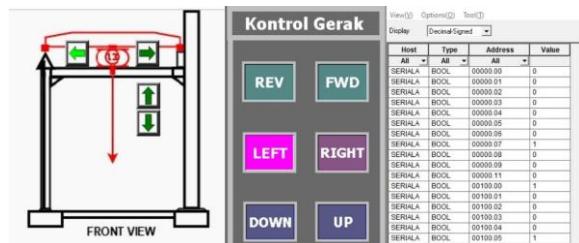
Bagian ini merupakan penjelasan mengenai hasil pengujian pada kendali gerak right left dengan mengamati HMI. Gambar 16. dibawah ini merupakan tampilan HMI gerak right.



Gambar 16. Ketika Motor bergerak ke kanan (Right)

Gambar 16. diatas merupakan tampilan HMI cx-designer. Pada kondisi beban aman, kendali crane dapat digunakan. Saat alamat kontak (0.06) yaitu Pb right pada kondisi set maka akan menjalankan output kontak (100.04) motor right. Pada HMI indikator crane right akan menyala.

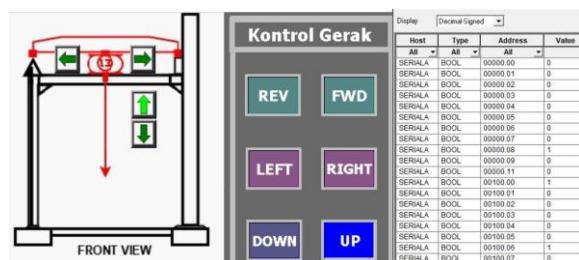
Gambar 17. merupakan tampilan HMI cx-designer. Saat alamat kontak (0.07) yaitu Pb left pada kondisi set maka akan menjalankan output kontak (100.05) motor left. Pada HMI indikator crane left akan menyala.



Gambar 17. Ketika Motor bergerak ke kiri (Left)

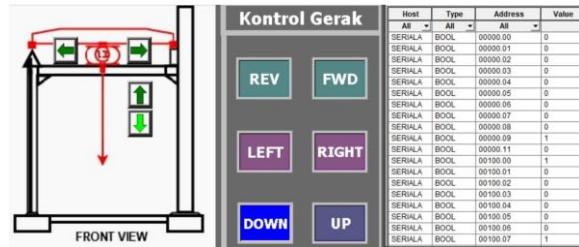
i) Analisis Kendali Up Down

Bagian ini merupakan penjelasan mengenai hasil pengujian pada kendali gerak up down dengan mengamati HMI. Gambar 18. dibawah ini merupakan tampilan HMI gerak up.



Gambar 18. Ketika Motor bergerak naik (Up)

Gambar 18. diatas merupakan tampilan HMI cx-designer. Pada kondisi beban aman, kendali crane dapat digunakan. Saat alamat kontak (0.08) yaitu Pb up pada kondisi set maka akan menjalankan output kontak (100.06) motor up. Pada HMI indikator crane up akan menyala.



Gambar 19. Ketika Motor bergerak turun (Down)

Gambar 19. adalah ketika motor down, kendali crane dapat digunakan. Saat alamat kontak (0.09) yaitu Pb down pada kondisi set maka akan menjalankan output kontak (100.07) motor down. Pada HMI indikator crane down akan menyala.

j) Analisis Hasil Pengujian Kontrol Kendali Gerak Crane

Dari keseluruhan hasil pengujian yang didapatkan, yaitu dengan mensimulasikan kontrol kendali gerak crane. Maka didapatkan kondisi dari setiap menekan push button. Tabel.3 dibawah ini menunjukkan kondisi saat kontrol kendali pada simulasi.

Tabel 3. Hasil uji gerak kontrol crane

Pb Forward	Pb Reverse	Pb Right	Pb Left	Pb Up	Pb Down	Keterangan
On	-	On	On	On	On	Motor Forward
-	On	On	On	On	On	Motor Reverse
On	On	On	-	On	On	Motor Right
On	On	-	On	On	On	Motor Left
On	On	On	On	On	-	Motor Up
On	On	On	On	-	On	Motor Down

Nilai “On“ berarti tombol dalam kondisi aktif (ditekan). Nilai “-“ berarti tombol tidak dapat aktif. Sedangkan kolom keterangan menunjukkan fungsi atau Gerakan motor yang dihasilkan berdasarkan kombinasi tombol yang aktif. Pada kondisi Pb forward dan lainnya On, kecuali Pb reverse. Maka motor bergerak maju. Pb reverse tidak boleh aktif bersamaan sebagai pengaman untuk mencegah perubahan arah yang bentrok. Pada kondisi Pb reverse dan lainnya On, kecuali Pb forward. Maka motor bergerak mundur.

Pb forward tidak boleh aktif bersamaan sebagai pengaman untuk mencegah perubahan arah yang bentrok. Pada kondisi Pb right dan lainnya On, kecuali Pb left. Maka motor bergerak ke kanan. Tidak boleh bergerak ke kiri pada saat yang sama. Pada kondisi Pb left dan lainnya On, kecuali Pb right. Maka motor bergerak ke kiri. Tidak boleh bergerak ke kanan pada saat yang sama.

Pada kondisi Pb up dan lainnya On, kecuali Pb down. Maka motor bergerak ke atas. Pb down tidak boleh aktif bersamaan sebagai pengaman untuk mencegah perubahan arah yang bentrok. Pada kondisi Pb down dan lainnya On, kecuali Pb up. Maka motor bergerak ke bawah. Pb up tidak boleh aktif bersamaan sebagai pengaman untuk mencegah perubahan arah yang bentrok. Interlock adalah sistem pengamanan logika agar dua arah gerakan yang saling bertentangan tidak aktif bersamaan, untuk mencegah kerusakan atau kesalahan sistem.

Kondisi "emergency" pada crane adalah situasi darurat yang memerlukan penghentian operasi crane secara cepat dan mendadak untuk mencegah kecelakaan atau kerusakan lebih lanjut. Bisa karena masalah mekanis pada crane, situasi berbahaya di sekitar crane, atau keadaan darurat lainnya yang memerlukan penghentian segera.

Perbedaan penggunaannya ialah, kondisi "lock" pada crane adalah tindakan pencegahan untuk menjaga stabilitas dan keamanan saat crane tidak beroperasi. Sedangkan kondisi "emergency" adalah tindakan penghentian operasi mendadak dalam situasi darurat untuk mencegah kecelakaan dan kerusakan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisis terhadap simulasi kontrol kelebihan beban pada hoist crane yang dilakukan dengan cx-programmer dan cx-designer, dapat diambil kesimpulan bahwa simulasi tersebut beroperasi sesuai dengan fungsi yang diharapkan. Cx-programmer berhasil dimanfaatkan untuk merancang program diagram ladder yang mengatur sistem crane, mencakup fitur start/stop, pengaturan arah gerak, serta identifikasi kelebihan beban berdasarkan informasi dari sensor load cell. Sistem ini mampu menentukan apakah beban berada dalam kategori aman atau berlebihan. Untuk berat antara 0 – 2699 kg (beban dalam batas aman), indikatornya adalah lampu hijau. Untuk berat 2700 – 3000 kg (beban mendekati batas aman, masih dapat diangkat), sebagai tanda adalah lampu kuning.

Sementara untuk berat di atas 3000 kg (beban berlebihan) ditandai dengan lampu merah. Hubungan antara daya dan beban menunjukkan pola linier. Semakin berat beban yang diangkat, semakin tinggi daya yang dibutuhkan, contohnya 1000 kg memerlukan 1,22 kW, sedangkan 3000 kg memerlukan 3,6 kW. Pada pengaturan arah gerak crane, terdapat sistem interlock sebagai pengaman. Sistem ini berfungsi untuk memastikan dua arah gerak yang berlawanan tidak bisa aktif bersamaan, sehingga mencegah kerusakan atau kesalahan pada sistem. Cx-designer digunakan dalam perancangan HMI (Human Machine Interface) yang berfungsi sebagai antarmuka pemantauan.

Seluruh rangkaian simulasi memperlihatkan bahwa penggabungan antara diagram ladder (kontrol) dan HMI (visualisasi) bekerja secara bersinergi dan fungsional, sesuai dengan rancangan serta tujuan yang telah ditentukan.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk menguji *overload control* ini secara langsung pada *hoist crane*, sehingga hasil simulasi dapat divalidasi dengan kondisi sesungguhnya. Penggunaan *load cell* dengan akurasi tinggi dan sudah terkalibrasi standar industri sangat penting agar pembacaan beban lebih presisi dan dapat mengurangi kemungkinan *false trigger*. Pengembangan tampilan HMI dengan fitur grafik tren beban terhadap waktu serta *logging* data diperlukan agar operator dapat melakukan pemantauan kondisi *crane* secara lebih detail dan historis.

DAFTAR REFERENSI

- Adi, P. D. P., & Kom, S. (2020). *Panduan Mudah Belajar PLC dan SCADA*. yogyakarta: Penerbit Andi.
- Aprilia, I. W., Kristiyono, A. E., Pribadi, T., Sonhaji, S., & Sandi, W. M. (2024). Prototype Pendekripsi Beban Berlebih Untuk Keamanan Operasi Hydraulic Crane Di Kapal Penumpang. *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Informatika*, 15 - 31.
- Awalludin, Ahmad Fazwan Ahmad. (2015). Monitoring and controlling double carriage elevator system using CX-designer and CX-programmer. *IEEE 6th Control and System Graduate Research Colloquium*, 151 - 157.
- Juwono, C. P., Joko, J., Suprianto, B., & Endryansyah, E. (2022). Simulasi sistem proteksi motor induksi tiga fasa terhadap gangguan menggunakan programmable logic

- controller (PLC) Omron CP1H berbasis Cx-Programmer 9.6. *Jurnal Teknik Elektro*, 409-415.
- Kurnia, R., Firdaus, R., Lufti, L., & Anshor, M. H. (2019). Otomatisasi sensor load cell untuk mengatasi overload kendaraan. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 81- 88.
- Muller, I., de Brito, R. M., Pereira, C. E., & Brusamarello, V. (2010). Load cells in force sensing analysis--theory and a novel application. *IEEE Instrumentation & Measurement Magazine*, 15 - 19.
- Rani, A., Bukhari, B., & Razi, M. (2023). Rancang Bangun Prototipe Overhead Crane Kapasitas 20 Kg Dengan Pengontrolan Berbasis Programmable Logic Controller (PLC). *Jurnal Mesin Sains Terapan*, 1 - 8.
- Rodi, Gibson Panyau Anak Jackson, and Rosidah Sam. (2021). Automation of Facemask Production Process Using CX-Programmer and CX-Designer. *IEEE 11th International Conference on System Engineering and Technology (ICSET)* (pp. 212-217). IEEE.
- Sutomo, Artono Dwijo. (2007). Simulasi Sistem Kontrol Berbasis PLC: Pembelajaran Berbasis Kasus Pada Matakuliah Programmable Logic Controller. *Seminar Nasional III SDM Teknologi Nuklir*. Yogyakarta.
- Yudha, F. A. K., & Riyanta, B. (2022). Perancangan dan Simulasi Trainer Human Machine Interface (HMI) untuk media pembelajaran berbasis CX Designer PLC. *JMPM (Jurnal Material dan Proses Manufaktur)*, 136-145.