

ANALISIS LIMIT KAVITASI PADA PERANGKAT *CAVITATION DEMONSTRATION UNIT* BERBASIS SISTEM OTOMASI SCADA FUXA DENGAN PENGENDALIAN PLC OMRON

Moh Sultan Rozan¹, Susilo Handoko^{1*}

¹Teknik Mesin Kilang, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Jalan Gajah Mada No.38, Blora, 58315

*E-mail: sultanrozann1@gmail.com

ABSTRAK

Fenomena kavitasi merupakan pembentukan gelembung uap akibat turunnya tekanan fluida di bawah tekanan uap jenuhnya, yang dapat menyebabkan kerusakan pada komponen hidrolis seperti pompa. Penelitian ini bertujuan untuk mengamati dan memahami proses kavitasi secara langsung menggunakan *Cavitation Demonstration Unit* yang terintegrasi dengan sistem otomasi berbasis SCADA (FUXA). Pengujian dilakukan dengan memvariasikan parameter operasional seperti tekanan, laju aliran, dan temperatur untuk menganalisis pengaruhnya terhadap munculnya kavitasi. Sistem kontrol otomatis berbasis PLC Omron CP1H berhasil diimplementasikan untuk mengatur pompa dan katup secara presisi, sementara monitoring dan pengendalian proses dilakukan melalui antarmuka SCADA FUXA yang menampilkan data secara *real-time* dan terstruktur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa batas terjadinya kavitasi dapat diidentifikasi secara presisi melalui pengamatan tekanan *inlet*, temperatur, dan *flow rate*. Integrasi sistem otomasi dan SCADA terbukti efektif dalam meminimalkan risiko kavitasi serta meningkatkan efisiensi monitoring dan kontrol pada eksperimen. Proyek ini juga memberikan peningkatan pemahaman praktis bagi mahasiswa terkait fenomena kavitasi dan penerapan sistem kontrol otomatis dalam teknik fluida. Dengan demikian, integrasi CDU dan SCADA FUXA tidak hanya memperdalam pemahaman teoretis, tetapi juga memberikan pengalaman praktis yang relevan dengan kebutuhan industri modern dalam hal monitoring dan automasi sistem fluida.

Kata kunci: *Cavitation demonstration unit*, Kavitasi, *Monitoring real-time*, PLC Omron CP1H, SCADA fuxa

1. PENDAHULUAN

Kavitasi adalah fenomena yang terjadi ketika gelembung uap terbentuk dalam aliran fluida akibat tekanan yang menurun hingga di bawah tekanan uap jenuh. Fenomena ini sering ditemukan pada sistem hidrolis, seperti pompa sentrifugal, dan dapat menyebabkan kerusakan pada komponen pompa serta menurunkan kinerjanya. Oleh karena itu, pemahaman tentang kavitasi sangat penting untuk menjaga efisiensi dan daya tahan peralatan di industri [1].

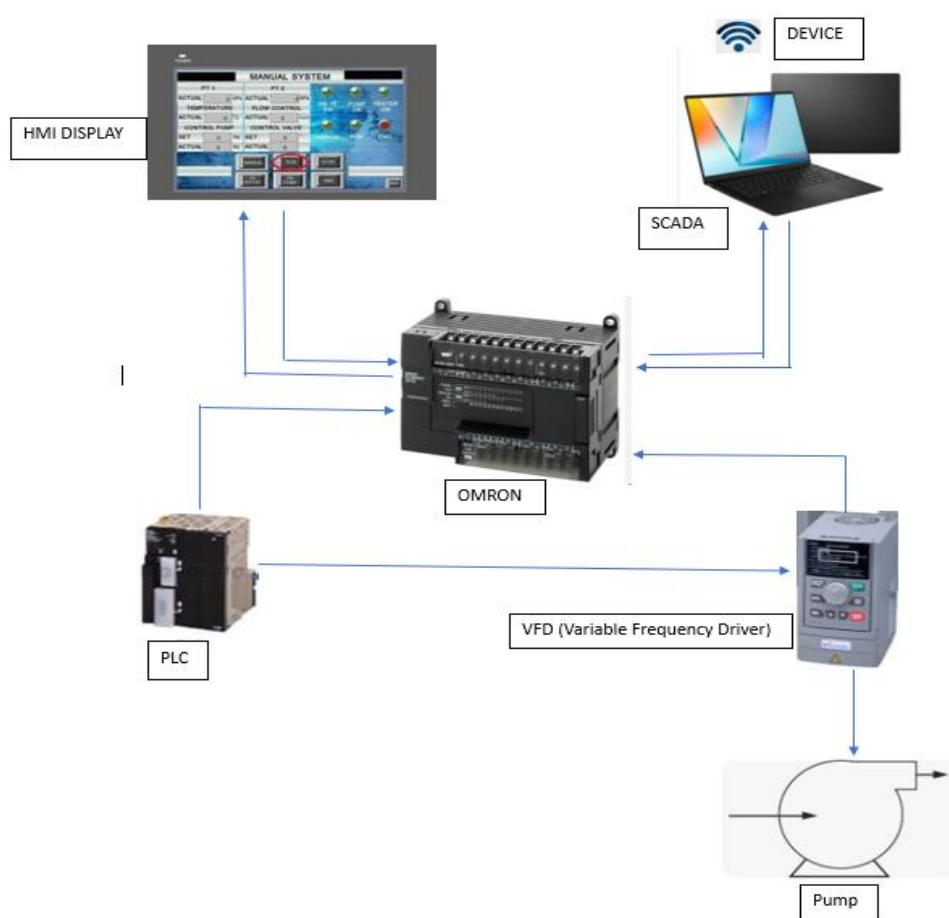
Pengendalian dan pemantauan secara manual sering dilakukan oleh pengguna pada saat mempraktekkan CDU untuk memantau variabel sistem. Namun, pemantauan secara manual dapat menyita waktu dan tenaga, maka dari itu pemantauan ini kurang efisien. Dan ketika pengguna mematikan CDU, parameter yang dihasilkan seperti tekanan, temperatur, dan laju aliran pada alat kavitasi tersebut akan otomatis hilang. Lalu ketika pengguna ingin menjalankan dan memantau kembali sistem parameter operasional alat tersebut, pengguna harus menghidupkan alat dari awal lagi, sehingga sistem otomasi SCADA FUXA sangat diperlukan [3].

Penelitian ini fokus pada analisis batas kavitasi menggunakan alat CDU yang dipadukan dengan sistem otomasi berbasis SCADA FUXA dan pengendalian otomatis menggunakan *Programmable Logic Controller* Omron CP1H [4]. Melalui pengendalian dan pemantauan secara otomatis dan *real-time*, penelitian ini bertujuan untuk memahami pengaruh tekanan, laju aliran,

dan temperatur terhadap timbulnya kavitasi dalam sistem fluida [5]. Selain meningkatkan pemahaman teoretis, proyek ini juga memberikan pengalaman praktis dalam pengoperasian teknologi otomasi industri bagi mahasiswa serta berperan sebagai sarana pembelajaran yang interaktif dan aplikatif sesuai kebutuhan industri modern dalam hal pengawasan dan pengendalian sistem fluida [6].

2. METODE

Metode penelitian menggunakan pendekatan eksperimental seperti tampak pada Gambar 1, dengan pemanfaatan CDU yang terintegrasi dengan sistem kontrol otomatis berbasis PLC Omron CP1H dan perangkat lunak SCADA FUXA [7]. Sistem dikonfigurasi secara *online* melalui integrasi server OPC dan PLC untuk pengambilan data *real-time* dari sensor parameter operasional utama seperti tekanan, laju aliran, putaran pompa, dan temperatur fluida untuk mengamati pengaruhnya terhadap munculnya fenomena kavitasi [2].



Gambar 1. Rangkaian sistem kontrol pompa berbasis PLC, HMI, dan SCADA

Pada pengembangan yang dilakukan terdapat alur proses implementasi dan operasional sistem SCADA FUXA, seluruh tahapan dimulai dari konfigurasi awal, pembangunan sistem kontrol hingga tahap penghubungan dengan SCADA, sehingga sistem dapat secara efektif melakukan *monitoring* data dari *transmitter* serta mengendalikan perangkat pada CDU. Dengan visualisasi ini, pembaca dapat lebih mudah memahami alur kerja dan hubungan antar komponen utama dalam sistem, sehingga mempermudah penerapan konsep dan operasional di lingkungan

industri maupun riset [5].

Gambar 2 adalah CDU yang berfungsi untuk memvisualisasikan dan menganalisis fenomena kavitasi pada aliran fluida. Perangkat ini terdiri atas tangki penampung, pompa sirkulasi, pipa transparan, sensor tekanan, serta sistem kendali otomatis berbasis PLC dan HMI. Melalui unit ini, proses terbentuknya gelembung kavitasi akibat penurunan tekanan dapat diamati secara langsung [4].



Gambar 2. Cavitation Demonstration Unit

Komponen *instrumentation* mengukur dan mengatur parameter seperti katup, *pressure transmitter*, *temperature transmitter*, dan *flowmeter*. Terminal blok menyambungkan distribusi listrik. Di bagian otomasi terdapat CPU sebagai pengendali utama, *interfacing board* untuk komunikasi CPU-komputer, *option board* dengan protokol RS422, serta *analog* dan *digital input board* untuk menerima sinyal sensor dan perangkat lain. Keseluruhan komponen dirancang agar sistem SCADA FUXA responsif dan akurat, memudahkan *monitoring* dan kontrol pada pengujian kavitasi berbasis PLC ditunjukkan pada Tabel 1. Sedangkan rincian daftar peralatan *Cavitation Demonstration Unit* disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Data Spesifikasi Cavitation Demonstration Unit [8]

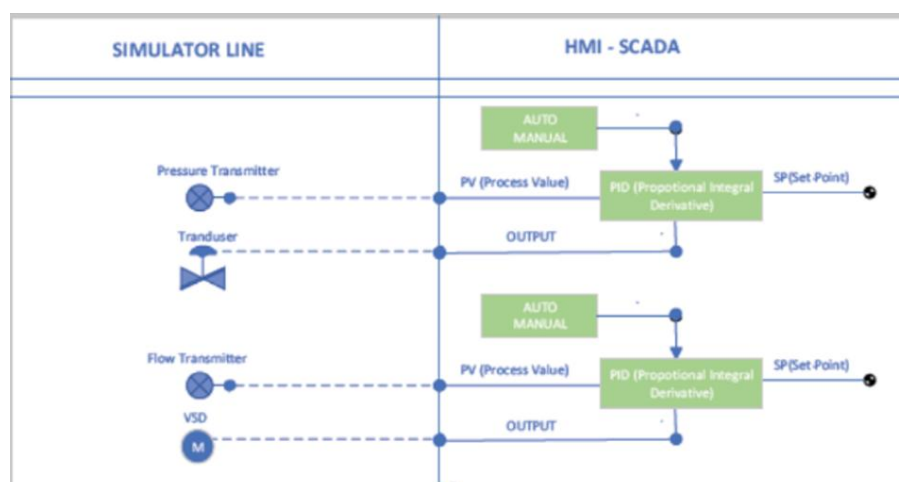
Spesifikasi	Deskripsi
<i>Instrumentation Work</i>	
<i>Control Valve</i>	Pengaturan aliran fluida
<i>Pressure Transmitter</i>	Pengukuran tekanan fluida
<i>Temperatur Transmitter</i>	Pengukuran temperatur fluida
<i>Flowmeter</i>	Pengukuran aliran fluida
<i>Terminal Blok</i>	Terminal elektrik
<i>Automation And Control Work</i>	
<i>Central Processing Unit</i>	<i>Processor controller</i> utama

<i>Interfacing Board</i>	Komunikasi antarmuka ke komputer
<i>Option Board</i>	Komunikasi antar muka RS422
<i>Analog Input Board</i>	Terminal <i>input</i> analog
<i>Digital Input Board</i>	Terminal <i>input</i> digital

Tabel 2. Rincian Daftar Peralatan *Cavitation Demonstration Unit*

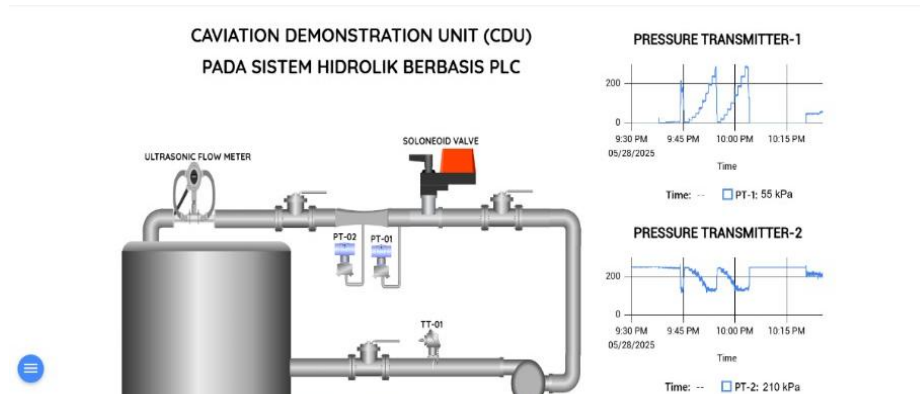
NO	DESCRIPTION	VOL.	PRODUCTION SITE
A. Piping Work			
1	AW 1 1/4 inch pipe	1 pcs	Indonesia
2	Shock connector	4 pcs	Indonesia
3	Elbow	4 pcs	Indonesia
4	Ball Valve 1 1/4 inch	4 pcs	Indonesia
5	Storage Tank	1 pcs	Indonesia
6	Box Panel	1 pcs	China
7	Pelat Panel HMI	1 pcs	China
B. Mechanical Work EBARA			
8	EBARA pump, 3 phase, 1.2 kW	1 pcs	Indonesia
9	Venturi Tube	1 pcs	Jepang
10	Work Bench	1 pcs	Jepang
C. Electrical Work			
11	Inverter ATV12 Schneider 1.5 kW	1 pcs	Prancis
12	Cabling	1 lot	China
13	Switching Power Supply 12/24 Volt Dual	1 pcs	China
14	Heater	1 pcs	Jepang
15	Cable accessories (gland cable, scun, etc)	1 lot	China

Loop drawing merupakan gambar yang berisi sketsa mengenai terjadinya sistem kontrol yang menunjukkan alur sistem kontrol, memperlihatkan sambungan komponen seperti sensor, pengontrol, dan aktuator secara ringkas. Fungsinya untuk menggambarkan bagaimana perintah dan sinyal dalam sistem kontrol CDU mengalir dan bekerja secara terpadu dalam satu sketsa sederhana ditunjukkan pada Gambar 3 [9].



Gambar 3. Loop Drawing Control

Antarmuka pada Gambar 4 menampilkan sistem SCADA FUXA berbasis *web* untuk memantau dan mengendalikan CDU dengan kontrol utama pada PLC. *Operator* dapat langsung memantau tekanan, temperatur, dan laju aliran serta mengendalikan perangkat pada pengujian kavitasi. SCADA FUXA awalnya dijalankan dalam *mode offline* untuk desain antarmuka dan simulasi, kemudian diintegrasikan secara *online* dengan *server* OPC dan PLC untuk monitoring data *real-time*, perubahan ini meningkatkan efisiensi pemantauan dan kontrol selama eksperimen [10].



Gambar 4. Sistem SCADA FUXA

3. PEMBAHASAN

Tabel 3 menyajikan hasil pengujian pengaruh variasi putaran pompa pada bukaan *valve* 90°. Data ini digunakan untuk melihat perubahan tekanan dan munculnya gelembung seiring peningkatan putaran pompa.

Tabel 3. Data Operasi Menggunakan Putaran Pompa Dengan Bukaan *Valve* 90°

Putaran Pompa (n)	Temperatur cairan (T)	Kapasitas (Q)	PT 1	PT 2	Gelembung	Ket
(Hz)	(°C)	(liter/menit)	(kpa)	(kpa)	(%)	Bukaan valve 90°
15	35	8	22	232	Tidak ada <i>bubble</i>	
20	35	12	42	223	Tidak ada <i>bubble</i>	
25	36	16	71	201	Tidak ada <i>bubble</i>	
30	36	19	103	171	Tidak ada <i>bubble</i>	
35	36	23	143	139	Mulai muncul <i>bubble</i> kecil	
40	37	26	187	141	Muncul <i>bubble</i> besar 2 kali	
45	37	28	235	129	Muncul banyak <i>bubble</i> besar	
50	37	31	288	137	Muncul banyak <i>bubble</i> besar	

Tabel 4 menampilkan data operasi dengan variasi bukaan *valve* pada putaran pompa konstan. Pengujian ini bertujuan mengetahui bagaimana perubahan sudut bukaan *valve* mempengaruhi

kondisi aliran dan potensi terbentuknya gelembung.

Tabel 4. Data Tabel Operasi Variasi *Valve*

Kapasitas aliran (Q)	Temperatur cairan (T)	Putaran Pompa (n)	PT 1	PT2	Gelembung	Ket
(liter/ menit)	(°C)	Hz	(Kpa)	(Kpa)	(%)	-
X	Temperatur naik setiap bukaan <i>valve</i> ditambah namun tidak terlalu pesat	50	48	216	Tidak ada <i>bubble</i>	Bukaan <i>valve</i> 30° dengan temperatur 40°C
		50	50	222	Tidak ada <i>bubble</i>	Bukaan <i>valve</i> 35° dengan temperatur 39°C
		50	57	212	Tidak ada <i>bubble</i>	Bukaan <i>valve</i> 40° dengan temperatur 41°C
		50	104	185	Muncul <i>bubble</i> kecil	Bukaan <i>valve</i> 45° dengan temperatur 41°C
		50	146	138	Muncul banyak <i>bubble</i> besar	Bukaan <i>valve</i> 50° dengan temperatur 42°C

Tabel 5 menunjukkan pengaruh variasi temperatur cairan terhadap kondisi aliran pada beberapa putaran pompa. Data ini digunakan untuk menilai hubungan antara kenaikan temperatur dan kecenderungan terjadinya gelembung.

Tabel 5. Data Operasi Menggunakan Temperatur

Putaran Pompa (n)	Temperatur cairan (T)	Kapasitas (Q)	PT 1	PT 2	Gelembung	Ket
(Hz)	(°C)	(liter/ menit)	(kpa)	(kpa)	%	Bukaan <i>valve</i> °
30	45		3	249	Tidak ada <i>bubble</i>	30
35	46		12	241	Tidak ada <i>bubble</i>	35
40	47		39	223	Tidak ada <i>bubble</i>	40
45	48		124	167	Muncul <i>bubble</i> kecil	45
50	49	x	150	149	Muncul banyak <i>bubble</i> besar	50

4. SIMPULAN

Melalui penelitian ini, pengamatan dan pemodelan fenomena kavitasi menggunakan CDU berhasil dilaksanakan dan menghasilkan data operasi berikut: Batas tertinggi terjadinya kavitasi ditemukan pada putaran pompa 50 Hz dengan bukaan *valve* 90°. Pada tiga percobaan yang dilakukan, terdapat variasi penanganan variabel. Percobaan pertama, saat mengatur kapasitas aliran (*Q*) melalui bukaan *valve*, gelembung kavitasi mulai terlihat pada posisi *valve* 45°, temperatur 41°C, dan putaran pompa tetap 50 Hz. Percobaan kedua, dengan mengatur variasi bukaan *valve*, gelembung kavitasi juga muncul pada putaran 50 Hz dan bukaan *valve* 45° dengan temperatur 41°C. Sementara itu, pada percobaan ketiga yang menggunakan variasi temperatur, kemunculan gelembung kavitasi terjadi ketika kapasitas aliran (*Q*) atau bukaan *valve* ada di posisi 45° dan putaran pompa pada 45 Hz.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Hendrawan, "Penyebab Kavitasi Pada Pompa Sentrifuga Pada Kapal," *Meteor STIP Marunda*, vol. 15, no. 1, pp. 191–195, 2022, doi: 10.36101/msm.v15i1.207.
- [2] J. Delly, "Pengaruh Temperatur Terhadap Terjadinya Kavitasi Pada Sudu Pompa Sentrifugal," *Din. J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 1, no. 1, pp. 21–28, 2019.
- [3] Z. U. Zamzamil Umam and Denny Irawan, "Sistem Pemantauan dan Kendali Penyiraman Otomatis pada Tanaman menggunakan Logika Fuzzy berbasis Outseal SCADA," *J. Ampere*, vol. 9, no. 1, pp. 1–9, 2024, doi: 10.31851/ampere.v9i1.15183.
- [4] G. P. Aji and B. A. Sumbodo, "Implementasi Komunikasi Master – Slave pada PLC OMRON CP1H," *IJEIS (Indonesian J. Electron. Instrum. Syst.)*, vol. 11, no. 2, p. 143, 2021, doi: 10.22146/ijeis.42950.
- [5] S. A. Khabir, "BAB II TINJAUAN PUSTAKA 2.1 Definisi SCADA," 2014.
- [6] S. P. Collins *et al.*, *No Title 濟無No Title No Title No Title*. 2021.
- [7] G. G. Maulana, R. Mada, and R. R. Purba, "Automation Storage System Based on SCADA using PLC CP1H and CP1L," vol. 18, no. 3, pp. 144–151, 2022, doi: 10.17529/jre.v18i3.26363.
- [8] A. Muis, Muchsin, and M. H. Bachri, "KARAKTERISTIK KAVITASI PADA POMPA SENTRIFUGAL Abdul Muis, Muchsin, Muhammad Hasan Basri," *J. Mek.*, vol. 10, no. 2, pp. 965–974, 2019.
- [9] P. Communications, "SYSTEMS CAUSAL LOOP DIAGRAMS," vol. 22, pp. 5–7, 2011.
- [10] R. B. Prayudha, M. A. Murty, I. Porman, and P. Mt, "DESAIN DAN IMPLEMENTASI SCADA (SUPERVISORY CONTROL AND DATA ACQUISITION) PADA SISTEM BOILER DRUM MENGGUNAKAN PLC OMRON DESIGN AND IMPLEMENTATION OF SCADA (SUPERVISORY CONTROL AND DATA ACQUISITION) ON BOILER DRUM SYSTEM USING OMRON PLC," vol. 2, no. 2, pp. 1989–1994, 2015.

Daftar Simbol

<i>Q</i>	=	Debit aliran, m^3/s
<i>P</i>	=	Pa atau <i>bar</i>
<i>n</i>	=	RPM
<i>VFD</i>	=	<i>Variable Frequency Drive</i>
<i>T</i>	=	Temperatur
<i>SCADA</i>	=	<i>Supervisory Control And Data Acquisition</i>
<i>PLC</i>	=	<i>Programmable Logic Controller</i>
<i>HMI</i>	=	<i>Human Machine Interface</i>