

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pompa sentrifugal adalah alat yang banyak digunakan dalam berbagai aplikasi industri serta sektor lainnya. Fungsi pompa ini adalah mengubah energi mekanik menjadi tekanan dan/atau energi kinetik. Tekanan dalam pompa meningkat dengan menciptakan area bertekanan rendah (di bawah tekanan atmosfer) pada sisi hisap dan area bertekanan tinggi di sisi keluaran. Dengan adanya tekanan hisap yang rendah, fluida akan mengalir menuju pompa dari *reservoir*. Fluida tersebut masuk secara *axial* melalui saluran hisap di tengah pompa dan kemudian berputar seiring dengan putaran *impeller*. Terkait dengan desain dan estimasi kinerjanya, ini masih menjadi topik yang perlu diteliti dan dikembangkan, karena pada pompa sentrifugal terdapat banyak parameter geometris yang dapat diubah. Di sisi lain, proses desain dan penelitian secara eksperimental dapat menyita waktu lama dan memerlukan biaya yang cukup besar, karena bahkan sedikit perubahan pada *impeller* dapat mengubah *head* dan efisiensi pompa. (Rosid & Sumarjo, 2017). Pada sistem pipa yang memanfaatkan pompa sentrifugal, kavitasi dapat terjadi, yang dipengaruhi oleh laju aliran serta perbedaan ukuran penampang. Hal ini dapat menyebabkan penurunan tekanan hingga di bawah tekanan uap jenuhnya, menghasilkan fenomena yang dikenal dengan kavitasi (Kamiel dan Ramadhan, 2017). Kavitasi adalah proses di mana gelembung uap terbentuk dalam aliran cairan (Wijianto dan Effendy, 2010). Faktor penyebab terjadinya kavitasi adalah :

1) Penguapan (*Vaporization*), yang terjadi ketika cairan mengalami penguapan karena tekanan turun sangat rendah atau suhu sangat tinggi. Setiap pompa sentrifugal memerlukan tekanan pada sisi isap untuk mencegah penguapan. Tekanan yang diperlukan ini disediakan oleh pabrik pembuat pompa dan dihitung berdasarkan asumsi bahwa air yang dipindahkan adalah 'air tawar' pada suhu 68 °F, yang dikenal sebagai *Net Positive Suction Head Available* (NPSHA). Karena adanya penurunan tekanan pada sisi isap (*head losses*) akibat *valve*, *elbow*, *reducer*,

dan lain-lain, maka perhitungan total *head* pada bagian isap biasa disebut *Net Positive Suction Head is Required* (NPSHR). Kedua nilai ini mempengaruhi terjadinya penguapan, sehingga untuk menghindari penguapan, syaratnya adalah : $NPSHA - V_p \geq NPSHR$, dengan V_p = tekanan uap dari cairan yang dipompa.

2). Masuknya udara luar ke dalam sistem (*Air Ingestion*). Pompa sentrifugal hanya dapat menangani 0,5% udara dari total volume. Jika ada lebih dari 6% udara, hal ini dapat sangat berbahaya dan dapat merusak bagian-bagian pompa.

3). Sirkulasi balik di dalam sistem (*Internal Recirculation*), kondisi ini dapat terlihat pada sudut terluar *impeller*, dekat dengan diameter luar, yang berputar kembali ke bagian tengah kipas.

4). Pergolakan aliran (*turbulence*), di mana aliran cairan diinginkan untuk tetap pada kecepatan yang stabil.

5). *Vane Passing Syndrome*, di mana kerusakan akibat kavitasi jenis ini muncul ketika bagian luar *impeller* melewati terlalu dekat dengan '*cutwater*' pada pompa (Effendi et al. , 2021).

Kinerja pompa sentrifugal dipengaruhi oleh berbagai parameter operasi, termasuk debit aliran, *head* total, efisiensi, daya pompa, dan kondisi tekanan pada sisi hisap. Salah satu parameter yang sangat berpengaruh terhadap performa pompa adalah debit aliran (Q). Perubahan debit akan mengubah kecepatan aliran fluida dalam sistem perpipaan, yang pada gilirannya mempengaruhi kehilangan energi (*head loss*), *head* total, dan tekanan pada sisi hisap pompa. Oleh karena itu, analisis hubungan antara debit dan karakteristik pompa merupakan aspek penting dalam menentukan kondisi operasi yang aman dan efisien.

Head total adalah salah satu parameter utama yang digunakan untuk menggambarkan kemampuan pompa dalam memindahkan fluida. *Head* total merupakan jumlah dari *head statis*, *head* tekanan, *head* kecepatan, dan kehilangan energi akibat gesekan dalam sistem perpipaan. Pada pompa sentrifugal, hubungan antara debit dan *head* total membentuk kurva karakteristik pompa, di mana peningkatan debit umumnya diikuti oleh penurunan *head* total. Perubahan karakteristik ini menjadi dasar dalam menentukan titik operasi pompa yang sesuai dengan kebutuhan sistem.

Selain mempengaruhi head total, perubahan debit juga berdampak pada kondisi tekanan di sisi hisap pompa, yang dinyatakan dalam parameter *Net Positive Suction Head Available (NPSHa)*. NPSHa adalah energi yang tersedia di sisi masuk pompa di atas tekanan uap fluida, yang menentukan kemampuan sistem dalam mencegah terbentuknya gelembung uap. Peningkatan debit menyebabkan kecepatan aliran di dalam pipa hisap semakin tinggi, sehingga kehilangan energi akibat gesekan meningkat. Hal ini membuat nilai NPSHa cenderung menurun karena sebagian energi fluida hilang sepanjang jalur hisap.

Setiap pompa memiliki kebutuhan tekanan minimum di sisi hisap agar dapat beroperasi tanpa mengalami kavitasi, yang dikenal sebagai *Net Positive Suction Head Required (NPSHr)*. Nilai NPSHr adalah karakteristik pompa yang ditentukan oleh pabrikan berdasarkan hasil pengujian performa, dan umumnya meningkat seiring dengan bertambahnya debit operasi. Dengan demikian, perubahan debit tidak hanya mempengaruhi NPSHa sebagai karakteristik sistem, tetapi juga mempengaruhi kebutuhan NPSHr sesuai dengan karakteristik pompa. Hubungan antara kedua parameter ini menjadi faktor penting dalam menentukan keamanan operasi pompa.

Apabila nilai NPSHa lebih kecil daripada NPSHr, tekanan fluida pada sisi hisap dapat turun di bawah tekanan uap jenuhnya. Kondisi ini menyebabkan terbentuknya gelembung-gelembung uap yang kemudian pecah ketika memasuki daerah dengan tekanan lebih tinggi, suatu fenomena yang dikenal sebagai kavitasi. Kavitasi dapat menimbulkan berbagai dampak negatif, seperti munculnya getaran dan kebisingan, penurunan kapasitas aliran, penurunan *head* dan efisiensi pompa, serta kerusakan pada impeller, casing, dan komponen lainnya akibat erosi. Oleh karena itu, evaluasi potensi kavitasi menjadi bagian penting dalam analisis kinerja pompa sentrifugal.

Salah satu metode yang umum digunakan untuk mengevaluasi potensi kavitasi adalah dengan membandingkan nilai NPSHa (*Net Positive Suction Head available*) dan NPSHr (*Net Positive Suction Head required*) pada setiap kondisi operasi. Penting juga untuk menganalisis hubungan antara debit dan *head* total, karena perubahan *head* total dapat mempengaruhi titik kerja pompa serta kondisi

tekanan dalam sistem perpipaan. Dengan mengkaji hubungan antara debit, NPSHa, NPSHr, dan *head* total secara komprehensif, kita dapat mengevaluasi kondisi operasi pompa sehingga potensi terjadinya kavitasi dapat diidentifikasi lebih awal. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai karakteristik perubahan NPSHa, NPSHr, dan *head* total akibat variasi debit, serta menentukan kondisi operasi pompa yang aman berdasarkan evaluasi potensi kavitasi. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengoperasian pompa sentrifugal agar dapat berfungsi secara optimal, memiliki efisiensi yang baik, dan mampu meminimalkan risiko kerusakan akibat kavitasi.

Berdasarkan situasi tersebut, penelitian berjudul “***Analisis Hubungan Debit Aliran Terhadap NPSH Available (NPSHa), NPSH Required (NPSHr) Dan Head Total Pada Pompa Sentrifugal Untuk Evaluasi Potensi Kavitasi***” Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai karakteristik perubahan NPSHa, NPSHr, dan *head* total akibat variasi debit, serta menentukan kondisi operasi pompa yang aman berdasarkan evaluasi potensi kavitasi. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengoperasian pompa sentrifugal agar dapat berfungsi secara optimal, memiliki efisiensi yang baik, dan mampu meminimalkan risiko kerusakan akibat kavitasi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hubungan debit aliran terhadap NPSH *Available* (NPSHa)?
2. Bagaimana hubungan debit aliran terhadap NPSH *Required* (NPSHr)?
3. Bagaimana hubungan debit aliran terhadap *Head* Total?
4. Bagaimana evaluasi potensi kavitasi berdasarkan hubungan NPSHa, NPSHr, dan *Head* Total?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada analisis hubungan variasi debit aliran terhadap *nilai Net Positive Suction Head Available* (NPSHa), *Net Positive Suction Head Required* (NPSHr), dan *head total* pada pompa sentrifugal Calpeda B-CM 20E dengan menggunakan fluida air pada kondisi putaran pompa konstan, serta evaluasi potensi aliran kavitasi berdasarkan perbandingan nilai NPSHa dan NPSHr tanpa membahas efisiensi pompa, konsumsi daya, getaran, kebisingan, maupun analisis numerik (CFD).

1.4 Tujuan

1. Untuk mengetahui hubungan debit aliran *terhadap Net Positive Suction Head Available* (NPSHa) pada pompa sentrifugal.
2. Untuk mengetahui hubungan debit aliran terhadap *Net Positive Suction Head Required* (NPSHr) pada pompa sentrifugal.
3. Untuk mengetahui Hubungan debit aliran terhadap *head total* pada pompa sentrifugal.
4. Untuk mengetahui aliran potensi terjadinya kavitasi berdasarkan hubungan antara *Net Positive Suction Head Available* (NPSHa), *Net Positive Suction Head Required* (NPSHr), dan *head total* pada pompa sentrifugal.

1.5 Manfaat

1. Manfaat Teoretis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik mesin, khususnya dalam hal hubungan antara debit dengan *Net Positive Suction Head Available* (NPSHa), *Net Positive Suction Head Required* (NPSHr), dan *head total* pada pompa sentrifugal dalam evaluasi potensi kavitasi. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat memperkaya kajian mengenai karakteristik pompa sentrifugal serta menjadi dasar untuk pengembangan penelitian yang berkaitan dengan sistem perpompaan dan mekanika fluida.

2. Manfaat Praktis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pengaruh variasi debit aliran terhadap nilai NPSHa, NPSHr, dan *head* total pada pompa sentrifugal sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam menentukan kondisi operasi pompa yang aman dan optimal. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat membantu meminimalkan potensi terjadinya kavitasi serta menjadi bahan pertimbangan dalam pengoperasian dan pemeliharaan pompa sentrifugal di laboratorium maupun di dunia industri.

3. Manfaat bagi Industri dan Akademik

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi ilmiah bagi mahasiswa, dosen, dan peneliti dalam pengembangan penelitian mengenai karakteristik pompa sentrifugal, khususnya yang berkaitan dengan analisis NPSHa, NPSHr, *head* total, dan evaluasi potensi kavitasi. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah koleksi karya ilmiah di lingkungan Program Studi D-IV Teknik Mesin Produksi dan Perawatan Politeknik Negeri Bengkalis serta menjadi bahan pendukung dalam kegiatan pembelajaran dan penelitian selanjutnya.