



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



ANALISIS *HEAD* TOTAL PADA SISTEM PERPIPAAN *CHILLED WATER* SETELAH INTEGRASI MESIN TAMBAHAN DI PT. XYZ

LAPORAN TUGAS AKHIR

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Oleh :

**Alif Abrar Sani
NIM. 2202311082**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
JULI, 2025**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**ANALISIS *HEAD* TOTAL PADA SISTEM PERPIPAAN
CHILLED WATER SETELAH INTEGRASI MESIN
TAMBAHAN DI PT. XYZ**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan
Diploma III Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Oleh :

**Alif Abrar Sani
NIM. 2202311082**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
JULI, 2025**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**HALAMAN PERSUTUJUAN
LAPORAN TUGAS AKHIR**

**ANALISIS *HEAD* TOTAL PADA SISTEM PERPIPAAN *CHILLED WATER*
SETELAH INTEGRASI MESIN TAMBAHAN DI PT. XYZ**

Oleh:
Alif Abrar Sani
NIM. 2202311082
Program Studi Teknik Mesin

Laporan Tugas Akhir ini telah disetujui oleh pembimbing

Dosen Pembimbing

Dr. Candra Damis Widiawaty, S.T.P., M.T.
NIP. 198201052014042001

Kepala Program Studi Teknik Mesin

Budi Yuwono, ST
NIP. 196306191990031002



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**HALAMAN PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR**

**ANALISIS HEAD TOTAL PADA SISTEM PERPIPAAN CHILLED WATER
SETELAH INTEGRASI MESIN TAMBAHAN DI PT. XYZ**

Oleh:
Alif Abrar Sani
NIM. 2202311082
Program Studi Teknik Mesin

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang Tugas Akhir di hadapan Dewan penguji pada tanggal 21 Juli 2025 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Diploma 3 pada Program Studi D3 Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No	Penguji	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1	Dr. Candra Damis Widiawaty, S.T.P., M.T. NIP. 198201052014042001	Ketua		21 Juli 2025
2	Ir. Rosidi, ST, MT NIP. 196509131990031001	Penguji 1		21 Juli 2025
3	Ir. Sepriandi Parningotan, S.T., M.T. NIP. 199409072024061001	Penguji 2		21 Juli 2025

Depok, 21 Juli 2025
Disahkan oleh: Ketua Jurusan Teknik Mesin

Ketua Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Jakarta

Dr. Eng. H. Muslimin, S.T., M.T., IWE.
NIP. 197707142008121005



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Alif Abrar Sani
NIM : 2202311082
Program Studi : Diploma III Teknik Mesin

Menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Laporan Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam Laporan Tugas akhir (atau skripsi) telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 21 Juli 2025





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ANALISIS *HEAD* TOTAL PADA SISTEM PERPIPAAN *CHILLED WATER* SETELAH INTEGRASI MESIN TAMBAHAN DI PT. XYZ

Alif Abrar¹⁾, Candra Damis²⁾

¹⁾Program Studi DIII Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. Dr. G.A. Siwabessy, Kampus Baru UI, Beji, Kukusan, Beji, Kota Depok 16424

ABSTRAK

Sistem pendingin chilled water memiliki peran vital dalam menjaga suhu kerja mesin produksi tetap stabil. Penambahan mesin baru di PT. XYZ menyebabkan perubahan konfigurasi sistem perpipaan dan berpotensi meningkatkan beban hidraulik yang harus ditanggung pompa. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung total head pada kondisi sebelum dan sesudah ekspansi dengan mempertimbangkan komponen head loss mayor, head loss minor, dan head elevasi. Perhitungan didasarkan pada data aktual sistem, seperti dimensi pipa, panjang jalur, jenis sambungan, serta pengaturan *valve*. Pengaturan *valve* menjadi salah satu faktor kunci yang memengaruhi distribusi debit dan kestabilan suhu campuran dalam sistem. Bukaannya *valve* yang tidak proporsional dapat menyebabkan ketidakseimbangan aliran antar mesin, meningkatkan tekanan lokal, serta menurunkan efisiensi perpindahan panas. Ketepatan dalam menentukan bukaannya *valve* pada setiap cabang sangat berperan dalam menjaga performa hidraulik sistem tetap optimal, terutama saat beban pendinginan meningkat akibat ekspansi. Hasil menunjukkan bahwa total *head* pada sistem eksisting adalah 32,92 meter, sedangkan pada sistem ekspansi meningkat menjadi 46,91 meter.

KATA KUNCI: Sistem Pendingin, *Head Total*, Pompa, Sistem Perpipaan, *Chilled Water System*,



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ANALISIS *HEAD* TOTAL PADA SISTEM PERPIPAAN *CHILLED WATER* SETELAH INTEGRASI MESIN TAMBAHAN DI PT. XYZ

Alif Abrar¹⁾, Candra Damis²⁾

¹⁾Program Studi DIII Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. Dr. G.A. Siwabessy, Kampus Baru UI, Beji, Kukusan, Beji, Kota Depok 16424

ABSTRACT

Chilled water cooling system plays a vital role in maintaining stable operating temperatures of production machines. The addition of new machines at PT. XYZ causes changes in the piping system configuration and potentially increases the hydraulic load that must be borne by the pump. This study aims to calculate the total head before and after expansion conditions by considering the components of major head loss, minor head loss, and elevation head. The calculation is based on actual system data, such as pipe dimensions, line length, connection type, and valve settings. Valve settings are one of the key factors affecting the flow distribution and the stability of the mixture temperature in the system. Disproportionate valve openings can cause flow imbalances between machines, increase local pressure, and reduce heat transfer efficiency. Accurately determining the valve openings in each branch plays a crucial role in maintaining optimal system hydraulic performance, especially when the cooling load increases due to expansion. The results show that the total head in the existing system is 32.92 meters, while in the expansion system it increases to 46.91 meters.

Keywords: *Cooling System, Total Head, Pump, Piping System, Chilled Water System,*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya dapat menyelesaikan Tugas Akhir berjudul **“ANALISIS HEAD TOTAL PADA SISTEM PERPIPAAN *CHILLED WATER* SETELAH INTEGRASI MESIN TAMBAHAN DI PT. XYZ.** Penulisan TA dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Diploma III Politeknik Negeri Jakarta. Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang tiada terhingga kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Ir., Muslimin, S.T., M.T., IWE. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta. segala dukungan dan arahnya selama masa studi penulis.
2. Bapak Budi Yuwono, S.T., selaku ketua Program Studi D3 Teknik Mesin. Yang telah memfasilitasi serta mendukung kelancaran proses akademik hingga penyusunan tugas akhir ini.
3. Ibu Dr. Candra Damis Widiawaty S.TP, M.T. selaku dosen pembimbing, yang telah membimbing proses penulisan TA, memberi masukan arahan sehingga tugas akhir bisa selesai tepat waktu.
4. Mas Ihsan selaku pembimbing industri yang memberikan data-data krusial bagi penulisan TA ini, juga mas Bisri dan pak Riki sebagai rekan industri yang senantiasa mendukung proses kerja industri
5. Ibu Bulan dan bapak Jani, selaku kedua orang tua yang terus terus-an memberikan dukungan moril supaya tetap semangat dan tetap dalam jalur yang benar, serta Asmi juga Rizki selaku saudara yang tetap percaya hingga akhir.
6. Teman-teman Teknik Mesin dan kelas produksi yang memberikan semangat dan input luar biasa selama perkuliahan dan penulisan TA.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang turut serta dalam penulisan tugas akhir. Semoga dengan adanya tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi industri dan bidang keilmuan.

Depok, ... Juli 2025

Alif Abrar Sani



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSUTUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR RUMUS	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Manfaat Penelitian	3
1.4 Rumusan Masalah	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pengertian Sistem <i>Chilled water</i>	6
2.2 Pompa	8
2.2.1 Pompa Peristaltik	8
2.2.2 Pompa Sentrifugal	9
2.3 Sistem Perpipaan	10
2.3.1 <i>Closed Loop Recirculation System</i>	11
2.3.2 Pipa galvanis <i>Schedule 40</i>	12
2.3.3 <i>Fitting</i> Pipa	14
2.3.4 Jalur Pipa	18
2.4. <i>Head</i>	20
2.4.1 <i>Head Loss Mayor</i>	21
2.4.2 <i>Head Loss Minor</i>	28
2.4.3 <i>Head Elevasi</i>	30



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.4.4 <i>Head</i> Kecepatan	31
2.4.5 <i>Head</i> Total	32
2.4.6 Jenis Aliran	33
2.4.6.1 Laminar	34
2.4.6.2 Turbulen	34
BAB III METODE PENELITIAN	35
3.1 Diagram Alir.....	35
3.2 Langkah Kerja	35
3.3 Metode Pemecahan Masalah	36
3.4 Objek Penelitian	36
3.5 Spesifikasi Pompa	37
3.6 Diagram Pipa	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	42
4.1 Perhitungan <i>Head Loss Mayor</i>	42
4.2 Perhitungan <i>Head Loss Minor</i>	50
4.3 Perhitungan <i>Head</i> Kecepatan	52
4.4 Perhitungan <i>Head</i> Elevasi	55
4.5 <i>Head</i> Total Eksisting Dan Ekspansi	55
4.5.1 <i>Head</i> Total Eksisting	56
4.5.2 <i>Head</i> Total Ekspansi.....	56
4.6 Evaluasi Ekspansi Mesin.....	57
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	59
5.1 Kesimpulan.....	59
5.2 Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA.....	61
LAMPIRAN.....	65



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Nominal Pipa Galvanis.....	13
Tabel 2. 2 Koefisien Gesek Berbagai Pipa.....	25
Tabel 2. 3 Viskositas Air	24
Tabel 2. 4 Tabel Koefisien Minor.....	28
Tabel 2. 5 Koefisien <i>Valve</i>	29
Tabel 3. 1 Kebutuhan Aliran Mesin	38
Tabel 4. 1 Konfigurasi Panjang Pipa.....	42
Tabel 4. 2 Phitungan Penampang Pipa	44
Tabel 4. 3 Perhitungan Kecepatan Pipa.....	45
Tabel 4. 4 Bilangan Reynold.....	46
Tabel 4. 5 Kekasaran Relatif Pipa.....	47
Tabel 4. 6 <i>Head Loss Mayor</i> Jalur Supply.....	48
Tabel 4. 7 <i>Head Loss Mayor</i> Jalur Return.....	49
Tabel 4. 8 <i>Head Loss Minor</i> Eksisting.....	51
Tabel 4. 9 <i>Head Loss Minor</i> Ekspansi	52
Tabel 4. 10 <i>Head</i> Kecepatan Sistem Eksisting.....	53
Tabel 4. 11 <i>Head</i> Kecepatan Sistem Ekspansi	54
Tabel 4. 12 <i>Head</i> Total Sistem Eksisting	56
Tabel 4. 13 <i>Head</i> Total Sistem Ekspansi.....	56
Tabel 4. 14 <i>Head</i> Total Keseluruhan.....	57

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skema Chilled water	6
Gambar 2. 2 AHU Chilled water	7
Gambar 2. 3 Pompa	8
Gambar 2. 4 Pompa Peristaltik	9
Gambar 2. 5 Pompa Sentrifugal	10
Gambar 2. 6 Distribusi Chiller Water	12
Gambar 2. 7 Pipa Galvanis	13
Gambar 2. 8 <i>Elbow 90°</i>	15
Gambar 2. 9 <i>Tee Joint</i>	16
Gambar 2. 10 <i>Reducer</i>	16
Gambar 2. 11 <i>Flow Control Valve</i>	17
Gambar 2. 12 <i>Head loss</i>	20
Gambar 2. 13 <i>Moody Chart</i>	27
Gambar 2. 14 <i>Reducer and enlargement coefficient</i>	30
Gambar 2. 15 Aliran Pipa	33
Gambar 3. 1 Alur Penelitian	35
Gambar 3. 2 Pipa <i>Chilled water</i>	37
Gambar 3. 3 Nameplate Pompa	38
Gambar 3. 4 Layout Pipa Eksisting	39
Gambar 3. 5 Layout Pipa Ekspansi	40
Gambar 3. 6 Pipa Tambahan Ekspansi	41
Gambar 4. 1 <i>Moody Chart Head loss mayor</i>	47
Gambar 4. 2 Perbandingan <i>Head Sistem</i>	57

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR RUMUS

(2. 1) Rumus <i>Head Loss Mayor</i>	22
(2. 2) Rumus Debit Pipa.....	22
(2. 3) Rumus Luas Penampang	23
(2. 4) Rumus Kecepatan Aliran.....	23
(2. 5) Rumus Bilangan Reynold.....	25
(2. 6) Rumus Kekasaran Relatif.....	25
(2. 7) Rumus <i>Head Loss Minor</i>	29
(2. 8) Rumus <i>Head Elevasi</i>	31
(2. 9) Rumus <i>Head Kecepatan</i>	32
(2. 10) Rumus <i>Head Total</i>	33

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem *chilled water* merupakan salah satu metode pendinginan yang umum digunakan dalam industri manufaktur untuk menjaga kestabilan suhu mesin produksi (Muliawan & Yani, 2018). Sistem ini bekerja dalam sirkuit tertutup, di mana air dingin dari chiller dialirkan melalui jaringan perpipaan ke mesin-mesin yang membutuhkan pendinginan (Almobarek dkk., 2022). Setelah menyerap panas dari proses produksi, air kembali ke chiller untuk didinginkan ulang, membentuk siklus yang berjalan secara berulang dan sirkulasi penuh.

Chilled water adalah air yang didinginkan hingga suhu rendah menggunakan unit chiller untuk keperluan pendinginan. Air ini berfungsi menyerap panas dari proses atau peralatan industri, kemudian dialirkan kembali ke *chiller* setelah suhunya meningkat. *Chilled water* umum digunakan dalam sistem pendingin di bangunan dan manufaktur.

PT XYZ adalah perusahaan manufaktur yang bergerak di sektor industri plastik untuk kebutuhan kemasan. Berbasis di Jawa Barat, perusahaan ini melayani berbagai sektor seperti makanan, minuman, dan produk konsumen lainnya. Penambahan mesin baru di PT. XYZ memberikan tantangan baru dalam pengaturan sistem pendingin. Mesin-mesin baru ini membutuhkan aliran air pendingin yang stabil dan cukup. Salah satu opsi adalah menambahkan jalur pipa khusus agar aliran ke mesin baru tidak berbagi dengan mesin lainnya.

Penambahan mesin produksi di PT. XYZ merupakan bagian dari strategi ekspansi produksi untuk meningkatkan kapasitas output dan efisiensi proses manufaktur. Dalam kondisi sebelumnya, proses produksi sering mengalami bottleneck akibat ketergantungan satu lini terhadap mesin yang sama, sehingga menimbulkan antrean antarproses dan memperpanjang waktu siklus produksi. Dengan mengintegrasikan mesin tambahan, perusahaan bertujuan menghilangkan



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

titik kemacetan tersebut, memungkinkan alur kerja paralel, dan menjaga kesinambungan antar tahapan produksi. Selain itu, langkah ini diharapkan dapat mendorong peningkatan produktivitas secara keseluruhan, mempercepat waktu penyelesaian pesanan, serta mengoptimalkan utilisasi sumber daya. Langkah ini tidak hanya mendukung ekspansi kapasitas produksi, tetapi juga menjadi bagian dari strategi peningkatan pelayanan pelanggan dan daya saing perusahaan dalam memenuhi target pengiriman secara tepat waktu.

Di PT. XYZ, sistem chilled water menjadi komponen esensial dalam menjaga efisiensi dan kestabilan proses produksi. Air pendingin dialirkan oleh pompa melalui jalur pipa dengan variasi diameter dan percabangan, serta dilengkapi dengan komponen seperti reducer dan valve. Variasi geometri dan konfigurasi perpipaan tersebut memengaruhi distribusi aliran dan menghasilkan kerugian tekanan (*head loss*) yang signifikan (Silalahi dkk., 2017).

Integrasi mesin produksi tambahan di fasilitas ini menyebabkan peningkatan kebutuhan aliran fluida dan perubahan distribusi beban pendinginan. Dampak langsung dari perubahan ini adalah bertambahnya nilai *head* total dalam sistem perpipaan, yang merupakan akumulasi dari *head loss mayor*, *head loss minor*, *head* kecepatan, dan *head* elevasi.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menghitung perubahan *head* total dalam sistem setelah mesin baru dioperasikan.
2. Melakukan evaluasi terhadap kapasitas pompa yang tersedia untuk memastikan mampu mengatasi kebutuhan aliran dan tekanan setelah penambahan mesin baru.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.3 Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis

Menambah wawasan dalam bidang teknik mesin, khususnya terkait analisis sistem perpipaan dan pompa pada sistem *chilled water*. Memberikan referensi bagi penelitian selanjutnya dalam analisis kinerja pompa dan sistem perpipaan

2. Manfaat Praktis

Memberikan rekomendasi teknis kepada perusahaan untuk meningkatkan kinerja sistem setelah penambahan mesin baru. Membantu dalam pengambilan keputusan teknis terkait peningkatan kapasitas pompa dan sistem perpipaan. Mengoptimalkan efisiensi operasional dan mengurangi potensi masalah akibat beban berlebih pada sistem.

1.4 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini, beberapa batasan masalah diterapkan untuk memfokuskan analisis dan menghindari penyimpangan dari tujuan utama penelitian. Batasan-batasan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Apakah kapasitas pompa dan pipa yang digunakan saat ini masih cukup untuk mengalirkan air dingin setelah ada tambahan kebutuhan?
2. Berapa besar *head* total pada sistem perpipaan setelah adanya penambahan mesin baru di PT.XYZ
3. Bagaimana pengaturan *valve* memengaruhi distribusi aliran antar mesin pada kondisi operasional baru?

1.5 Batasan Masalah

1. Penelitian ini hanya mencakup sistem distribusi chilled water pada jalur perpipaan yang terdampak langsung oleh integrasi mesin produksi tambahan.
2. Data yang digunakan berasal dari spesifikasi teknis pompa, pipa, dan mesin yang disediakan oleh vendor serta hasil wawancara langsung di lapangan.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. Evaluasi kinerja sistem difokuskan pada kapasitas pompa dan aliran fluida dalam jaringan perpipaan, tanpa membahas aspek kontrol otomatisasi sistem secara rinci.
4. Penelitian tidak mencakup perubahan desain mesin atau penggantian komponen utama lainnya di luar sistem perpipaan dan pompa.
5. Analisis hanya dilakukan terhadap komponen pompa dan pipa yang sudah tersedia dan digunakan dalam konfigurasi sistem eksisting maupun ekspansi.
6. Fokus penelitian dibatasi hanya pada dua unit mesin tambahan yang terhubung langsung ke sistem chilled water dalam konfigurasi ekspansi.

1.6 Sistematika Penulisan

Tugas Akhir ini disusun dengan sistematika penulisan yang terstruktur untuk memudahkan pemahaman dan alur penelitian. Sistematika penulisan terdiri dari lima bab utama, yaitu:

Bab 1: Pendahuluan

Bab ini berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan. Bab ini memberikan gambaran umum tentang penelitian yang akan dilakukan.

Bab 2: Tinjauan Pustaka

Bab ini membahas teori-teori dan studi terdahulu yang relevan dengan penelitian. Topik yang dibahas meliputi sistem pendingin *chilled water*, *head loss*, pompa, dan sistem distribusi air. Tinjauan pustaka ini menjadi dasar teoritis untuk analisis lebih lanjut.

Bab 3: Metode Penelitian

Bab ini menjelaskan langkah-langkah penelitian, termasuk metode pengumpulan data, alat dan bahan yang digunakan, serta prosedur analisis. Bab ini juga mencakup simulasi dan perhitungan teknis yang akan dilakukan.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Bab 4: Hasil Dan Pembahasan

Bab ini berisi hasil analisis data, simulasi, dan perhitungan yang dilakukan. Hasil tersebut kemudian dibahas untuk memberikan rekomendasi teknis terkait optimasi sistem pendingin.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pengolahan data yang dilakukan, maka kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Ekspansi sistem perpipaan *chilled water* akibat penambahan mesin baru berdampak langsung terhadap peningkatan beban hidrolik, ditandai dengan bertambahnya panjang jalur pipa, jumlah sambungan, serta perubahan konfigurasi sistem distribusi aliran.
2. *Head* total pada kondisi eksisting tercatat sebesar 32 meter, sedangkan setelah ekspansi meningkat menjadi 46 meter, menunjukkan adanya kenaikan signifikan yang harus diatasi oleh sistem pemompaan untuk menjaga sirkulasi tetap stabil.
3. Pompa yang digunakan memiliki kapasitas *head* sebesar 54 meter, sehingga masih berada dalam rentang yang aman untuk mengatasi total *head* sistem. Namun, margin *head* yang semakin sempit menandakan sistem bekerja mendekati batas desainnya.
4. Distribusi debit dan bukaan *valve* menjadi parameter kritis dalam menjaga kestabilan aliran antar beban. Ketidakseimbangan aliran berpotensi menimbulkan penurunan tekanan lokal dan gangguan pendinginan pada mesin.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan yang telah dilakukan terhadap sistem perpipaan *chilled water* setelah ekspansi, terdapat beberapa aspek teknis yang perlu diperhatikan untuk menjaga kinerja sistem tetap optimal. Saran-saran berikut disusun sebagai tindak lanjut dari temuan terkait peningkatan *head* total,



serta pengaruh pengaturan *valve* terhadap distribusi aliran dan efisiensi pendinginan secara keseluruhan.

1. Melakukan pemantauan berkala terhadap performa pompa, terutama pada tekanan kerja dan kapasitas aliran, guna mengantisipasi penurunan kinerja akibat beban tambahan setelah ekspansi sistem.
2. Pemilihan dan pengaturan *valve* pada jalur ekspansi sebaiknya mempertimbangkan dampak terhadap distribusi debit, agar tidak terjadi ketidakseimbangan aliran yang dapat mengganggu kestabilan suhu dan tekanan sistem.
3. Perlu dilakukan verifikasi lapangan secara menyeluruh terhadap konfigurasi pipa, fitting, dan elevasi aktual untuk menyempurnakan akurasi perhitungan head loss dan efisiensi sistem.
4. Untuk proyek ekspansi serupa di masa mendatang, sebaiknya dilakukan simulasi sistem secara menyeluruh sebelum instalasi, dengan mempertimbangkan potensi peningkatan head total agar kapasitas pompa dapat disesuaikan lebih optimal.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- A. Cataño, J., Farthing, S., Mascarenhas, Z., Lake, N., Yarlagaadda, P. K. D. V., Li, Z., & Toh, Y. C. (2023). A User-Centric 3D-Printed Modular Peristaltic Pump for Microfluidic Perfusion Applications. *Micromachines*, 14(5). <https://doi.org/10.3390/mi14050930>
- Abebe Alamineh, E. (2018). Study of Iron Pipe Corrosion in Municipal Water Distribution System and Its Effect. *American Journal of Chemical Engineering*, 6(2). <https://doi.org/10.11648/j.ajche.20180602.11>
- Ahmad Yani, Ratnawati, & Ardyanto Darmanto. (2021). Analisa Kerugian Head Akibat Perluasan Dan Penyempitan Penampang Pada Sambungan 90o. *Jurnal Teknik Juara Aktif Global Optimis*, 1(1). <https://doi.org/10.53620/jtg.v1i1.10>
- Alawee, W. H., Almolhem, Y. A., Yusuf, B., Mohammad, T. A., & Dhahad, H. A. (2020). Variation of coefficient of friction and friction head losses along a pipe with multiple outlets. *Water (Switzerland)*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/w12030844>
- Alisan, A., & Sari, W. (2018). PENGARUH PERSONAL SELLING DAN KUALITAS PRODUK TERHADAP KEPUTUSAN PEMBELIAN FITTING PIPA (ELBOW) PADA PT. SEKAWAN ABADI TEKNIK MEDAN. *Jurnal Manajemen dan Keuangan*, 7(2). <https://doi.org/10.33059/jmk.v7i2.808>
- Almobarek, M., Mendibil, K., & Alrashdan, A. (2022). Predictive Maintenance 4.0 for Chilled Water System at Commercial Buildings: A Systematic Literature Review. Dalam *Buildings* (Vol. 12, Nomor 8). <https://doi.org/10.3390/buildings12081229>
- Annan, M., & Gooda, E. A. (2018). Effect of minor losses during steady flow in transmission pipelines – Case study “water transmission system upgrade in Northern Saudi Arabia.” *Alexandria Engineering Journal*, 57(4). <https://doi.org/10.1016/j.aej.2018.12.002>
- ASHRAE. (2019). 2019 ASHRAE Handbook - HVAC Applications, Chapter 35. Dalam *Ashrae*.
- Beck, N., Landa, T., Seitz, A., Boermans, L., Liu, Y., & Radespiel, R. (2018). Drag reduction by laminar flow control. *Energies*, 11(1). <https://doi.org/10.3390/en11010252>



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Candra, R., Nuryanti, S. Z., Andayani, R. D., & Djunaidi, R. (2020). KAJI EKSPERIMEN PENGARUH LAPISAN KEKASARAN PERMUKAAN PIPA TERHADAP HEAD LOSS PADA PIPA PVC BERDIAMETER Ø 22 mm PANJANG 80 cm. *TEKNIKA: Jurnal Teknik*, 7(2). <https://doi.org/10.35449/teknika.v7i2.149>
- Chen, L., Wei, L., Wang, Y., Wang, J., & Li, W. (2022). Monitoring and Predictive Maintenance of Centrifugal Pumps Based on Smart Sensors. *Sensors*, 22(6). <https://doi.org/10.3390/s22062106>
- Cohen, A., & Cherry, J. (2020). Conceptual and Visual Understanding of Hydraulic Head and Groundwater Flow. Dalam *Conceptual and Visual Understanding of Hydraulic Head and Groundwater Flow*. <https://doi.org/10.21083/978-1-7770541-6-8>
- Du, J., Li, S., & Li, X. (2021). Modelling And Optimization Of A Chilled-Water Cooling System With Multiple Chillers. *Thermal Science*, 25(5 Part B). <https://doi.org/10.2298/TSCI200606328D>
- Gajbhiye, B. D., Kulkarni, H. A., Tiwari, S. S., & Mathpati, C. S. (2020). Teaching turbulent flow through pipe fittings using computational fluid dynamics approach. *Engineering Reports*, 2(1). <https://doi.org/10.1002/eng2.12093>
- Helmizar. (2010). Studi Eksperimental Pengukuran Head Losses Mayor (Pipa PVC Diameter ¾ ") Dan Head Losses Minor (Belokan Knee 90° Diameter ¾") Pada Sistem Instalasi Pipa. *Dinamika Jurnal Teknik Mesin*, 1(2).
- Huong, P. T. T., Hong, H. M., & Anh, L. N. (2021). The effect of the chilled water temperature on the performance of an experimental air-cooled chiller. *Vietnam Journal of Mechanics*. <https://doi.org/10.15625/0866-7136/15054>
- Jaatinen-Värri, A., Honkatukia, J., Uusitalo, A., & Turunen-Saaresti, T. (2024). Centrifugal compressor design for high-temperature heat pumps. *Applied Thermal Engineering*, 239. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2023.122087>
- Liu, X. feng, Liu, J. ping, Lu, J. dong, Liu, L., & Zou, W. (2012). Research on operating characteristics of direct-return chilled water system controlled by variable temperature difference. *Energy*, 40(1). <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.01.076>
- McKeon, B. J., Swanson, C. J., Zagarola, M. V., Donnelly, R. J., & Smits, A. J. (2004). Friction factors for smooth pipe flow. *Journal of Fluid Mechanics*, 511. <https://doi.org/10.1017/S0022112004009796>



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Moody, L. F. (1944). Friction Factors for Pipe Flow. *Journal of Fluids Engineering, Transactions of the ASME*, 66(8). <https://doi.org/10.1115/1.4018140>
- Muliawan, A., & Yani, A. (2018). Analisa Head Mayor Dan Minor Pompa Chiller Dengan Buka-an Katup Instalasi Pompa Tunggal. *JST (Jurnal Sains Terapan)*, 4(1). <https://doi.org/10.32487/jst.v4i1.454>
- Mustakim, M., & Syakura, A. (2015). PENGARUH REYNOLD NUMBER (RE) TERHADAP HEAD LOSSES PADA VARIASI JENIS BELOKAN PIPA (BERJARI – JARI DAN PATAH). *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 3(2). <https://doi.org/10.24127/trb.v3i2.14>
- Nguyen, M. H. (2023). MINOR HEAD LOSS ANALYSIS OF LAMINAR FLUID FLOW IN COMPLEX GEOMETRIES. *Journal of Science and Technique*, 18(03). <https://doi.org/10.56651/lqdtu.jst.v18.n03.728>
- PipeFlow. (2023). Darcy-Weisbach Formula Flow of fluid through a pipe. *PipeFlow*.
- Prakoso, B. D., Suharno, K., & Widodo, S. (2017). ANALISIS DEBIT AIR DAN RUGI BELOKAN PADA PIPA TEE. *Journal of Mechanical Engineering*, 1(1). <https://doi.org/10.31002/JOM.VIII.360>
- Rijanto, A., & Rahayuningsih, S. (2022). Analisis Head Losses Pada Mesin Pompa Air Sawah. *Majamecha*, 4(1). <https://doi.org/10.36815/majamecha.v4i1.1905>
- Seroor Atalah Khaleefa Ali. (2019). Study of Pressure Losses in Piping System. *International Journal of Science and Research*, 8(6).
- Silalahi, S. K., Mufarrih, Am., & Setyowidodo, I. (2017). Analysis Of Head Losses Consequent Section Diameter, Pipe Material and Flow Debit Using Contrast Test (Scheffe's Method) at 900 Elbow Joint. *IPTEK Journal of Engineering*, 3(3). <https://doi.org/10.12962/joe.v3i2.3081>
- Wang, B., Liu, H., Hao, Y., Quan, L., Li, Y., & Zhao, B. (2021). Design and Analysis of a Flow-Control Valve with Controllable Pressure Compensation Capability for Mobile Machinery. *IEEE Access*, 9. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3095402>
- Waspodo, W. (2017). ANALISA HEAD LOSS SISTEM JARINGAN PIPA PADA SAMBUNGAN PIPA KOMBINASI DIAMETER BERBEDA. *Suara Teknik: Jurnal Ilmiah*, 8(1). <https://doi.org/10.29406/stek.v8i1.534>



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Xie, Y., Li, S., Liu, T., & Cai, Y. (2023). As-built BIM reconstruction of piping systems using PipeNet. *Automation in Construction*, 147. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104735>

Zheng, L., Chen, X., Qu, J., & Ma, X. (2023). A Review of Pressure Fluctuations in Centrifugal Pumps without or with Clearance Flow. Dalam *Processes* (Vol. 11, Nomor 3). <https://doi.org/10.3390/pr11030856>

Zou, W., Sun, Y., Gao, D. ce, & Zhang, X. (2023). Globally optimal control of hybrid chilled water plants integrated with small-scale thermal energy storage for energy-efficient operation. *Energy*, 262. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.125469>





Hak Cipta mi

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN

SUPPLY EKSISTING							
PANJANG (M)	DEBIT (M/S)	A	V	RE	E/D	F	HEAD MAYOR
0,98	0,008333333	0,01	1,66	1.074.790	0,001875	0,022	0,037907626
0,98	0,008333333	0,01	1,66	1.074.790	0,001875	0,022	0,037907626
0,30	0,008333333	0,01	1,66	1.074.790	0,001875	0,022	0,011518679
0,30	0,008333333	0,01	1,66	1.074.790	0,001875	0,022	0,011518679
1,31	0,016666667	0,01	3,32	2.149.581	0,001875	0,022	0,201403525
2,26	0,016666667	0,01	2,12	1.719.664	0,001500	0,021	0,108977939
0,48	0,016666667	0,01	2,12	1.719.664	0,0015	0,021	0,023328316
11,77	0,016666667	0,01	2,12	1.719.664	0,0015	0,021	0,567302230
0,58	0,016666667	0,01	2,12	1.719.664	0,0015	0,021	0,027762624
5,82	0,016666667	0,01	2,12	1.719.664	0,0015	0,021	0,280373583
0,70	0,016666667	0,01	2,12	1.719.664	0,0015	0,021	0,033546504
1,17	0,016666667	0,01	2,12	1.719.664	0,0015	0,021	0,056296432
0,30	0,016666667	0,01	2,12	1.719.664	0,0015	0,021	0,014459700
4,79	0,016666667	0,01	2,12	1.719.664	0,0015	0,021	0,230632215
25,77	0,016666667	0,01	2,12	1.719.664	0,0015	0,021	1,242040032
14,78	0,016666667	0,01	2,12	1.719.664	0,0015	0,021	0,712284822
32,22	0,016666667	0,01	2,12	1.719.664	0,0015	0,021	1,552827184
0,98	0,016666667	0,01	2,12	1.719.664	0,0015	0,021	0,047090423
12,35	0,016666667	0,01	2,12	1.719.664	0,0015	0,021	0,595305849
11,91	0,016666667	0,01	2,12	1.719.664	0,0015	0,021	0,574242886
0,84	0,015556333	0,01	1,98	1.605.100	0,0015	0,021	0,035440305
0,28	0,015556333	0,01	1,98	1.605.100	0,0015	0,210	0,115474929
TOTAL							6,517642110
RETURN EKSISTING							
PANJANG (M)	DEBIT (M/S)	A	V	RE	E/D	F	HEAD MAYOR
0,444	0,016666667	0,007854	2,12	1.915.049,1	0,0015	0,022	0,022419421
11,914	0,016666667	0,007854	2,12	1.915.049,1	0,0015	0,020	0,546897987
12,326	0,016666667	0,007854	2,12	1.915.049,1	0,0015	0,020	0,565810357
0,977	0,016666667	0,007854	2,12	1.915.049,1	0,0015	0,020	0,044848022
32,242	0,016666667	0,007854	2,12	1.915.049,1	0,0015	0,020	1,480030628
15,603	0,016666667	0,007854	2,12	1.915.049,1	0,0015	0,020	0,716237141
25,957	0,016666667	0,007854	2,12	1.915.049,1	0,0015	0,020	1,191525185
4,36	0,016666667	0,007854	2,12	1.915.049,1	0,0015	0,020	0,20014061
0,3	0,016666667	0,007854	2,12	1.915.049,1	0,0015	0,020	0,013771143
1,168	0,016666667	0,007854	2,12	1.915.049,1	0,0015	0,020	0,05361565
0,696	0,016666667	0,007854	2,12	1.915.049,1	0,0015	0,020	0,031949051
5,567	0,016666667	0,007854	2,12	1.915.049,1	0,0015	0,020	0,255546508
0,576	0,016666667	0,007854	2,12	1.915.049,1	0,0015	0,020	0,026440594
8,515	0,016666667	0,007854	2,12	1.915.049,1	0,0015	0,020	0,390870938
0,459	0,016666667	0,007854	2,12	1.915.049,1	0,0015	0,020	0,021069849
8,234	0,016666667	0,007854	2,12	1.915.049,1	0,0015	0,020	0,377971968
0,873	0,016666667	0,007854	2,12	1.915.049,1	0,0015	0,020	0,040074026
TOTAL							5,979219075



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

SUPPLY EKSPANSI

PANJANG (M)	DEBIT (M/S)	A	V	RE	E/D	F	HEAD MAYOR
0,984	0,008333333	0,0050265	1,66	#####	0,001875	0,025	0,043076848
0,984	0,008333333	0,0050265	1,66	#####	0,001875	0,024	0,041353774
0,299	0,008333333	0,0050265	1,66	#####	0,001875	0,024	0,012565832
0,299	0,008333333	0,0050265	1,66	#####	0,001875	0,024	0,012565832
1,307	0,016666667	0,0050265	3,32	#####	0,001875	0,024	0,219712936
2,261	0,016666667	0,007854	2,12	#####	0,0015	0,021	0,108977939
0,484	0,016666667	0,007854	2,12	#####	0,0015	0,021	0,023328316
11,77	0,016666667	0,007854	2,12	#####	0,0015	0,021	0,56730223
0,576	0,016666667	0,007854	2,12	#####	0,0015	0,021	0,027762624
5,817	0,016666667	0,007854	2,12	#####	0,0015	0,021	0,280373583
0,696	0,016666667	0,007854	2,12	#####	0,0015	0,021	0,033546504
1,168	0,016666667	0,007854	2,12	#####	0,0015	0,021	0,056296432
0,3	0,016666667	0,007854	2,12	#####	0,0015	0,021	0,0144597
4,785	0,016666667	0,007854	2,12	#####	0,0015	0,021	0,230632215
25,769	0,016666667	0,007854	2,12	#####	0,0015	0,021	1,242040032
14,778	0,016666667	0,007854	2,12	#####	0,0015	0,021	0,712284822
32,217	0,011163333	0,007854	1,42	#####	0,0015	0,021	0,696648027
0,977	0,011163333	0,007854	1,42	#####	0,0015	0,021	0,021126273
12,351	0,011163333	0,007854	1,42	#####	0,0015	0,021	0,267073278
11,914	0,011163333	0,007854	1,42	#####	0,0015	0,021	0,257623758
0,844	0,010053	0,007854	1,28	#####	0,0015	0,021	0,01480043
0,12	0,0040212	0,007854	0,51	414.906,88	0,0015	0,022	0,000352725
64,912	0,0040212	0,0019635	2,05	829.813,75	0,003	0,022	6,10562647
2,9	0,0040212	0,0019635	2,05	829.813,75	0,003	0,022	0,272774168
2,845	0,003312697	0,0019635	1,69	683.607,28	0,003	0,022	0,181609941
TOTAL							11,44391469

RETURN EKSPANSI

PANJANG (M)	DEBIT (M/S)	A	V	RE	E/D	F	HEAD MAYOR
0,086	0,003312697	0,0019635	1,69	683.607,28	0,003	0,022	0,000211465
0,275	0,003312697	0,0019635	1,69	683.607,28	0,003	0,022	0,017554564
2,807	0,003312697	0,0019635	1,69	741.210,25	0,003	0,022	0,17918422
2,9	0,0040212	0,0019635	2,05	899.736,55	0,003	0,022	0,272774168
65,112	0,0040212	0,0019635	2,05	899.736,55	0,003	0,021	5,846054914
0,126	0,0040212	0,007854	0,51	449.868,28	0,0015	0,021	0,000353527
0,444	0,0040212	0,007854	0,51	463.234,97	0,0015	0,021	0,001245761
11,914	0,005131533	0,007854	0,65	591.143,37	0,0015	0,021	0,054436781
12,326	0,005131533	0,007854	0,65	591.143,37	0,0015	0,021	0,056319268
0,977	0,005131533	0,007854	0,65	591.143,37	0,0015	0,021	0,004464054
32,242	0,005131533	0,007854	0,65	593.531,97	0,0015	0,021	0,147318338
15,603	0,010634867	0,007854	1,35	#####	0,0015	0,021	0,306205323
25,957	0,010634867	0,007854	1,35	#####	0,0015	0,021	0,509400216
4,36	0,010634867	0,007854	1,35	#####	0,0015	0,021	0,085564007
0,3	0,010634867	0,007854	1,35	#####	0,0015	0,021	0,005887432
1,168	0,010634867	0,007854	1,35	#####	0,0015	0,021	0,022921734
0,696	0,010634867	0,007854	1,35	#####	0,0015	0,021	0,013658842
5,567	0,010634867	0,007854	1,35	#####	0,0015	0,021	0,109251108
0,576	0,010634867	0,007854	1,35	#####	0,0015	0,021	0,011303869
8,515	0,010634867	0,007854	1,35	#####	0,0015	0,021	0,167104937
0,459	0,010634867	0,007854	1,35	#####	0,0015	0,021	0,009007771
8,234	0,010634867	0,007854	1,35	#####	0,0015	0,021	0,161590376
0,873	0,010634867	0,007854	1,35	#####	0,0015	0,021	0,017132426
TOTAL							7,998945098