



Jurnal Artikel

Pertamax Fuel Pump And Piping System Design From Tank To Truck Loading

Ari Reski Pratama¹, Iman Satria^{2*}

¹Teknik Mesin, Bung Hatta

²Teknik Mesin, Bung Hatta

arirezkipratama@gmail.com, ir.irmansatria@gmail.com*

Corresponding author – Email : ir.irmansatria@gmail.com

Artikel Info - : Received :

; Revised :

; Accepted:

Abstrak

Desain pompa dan sistem pemipaan Bahan Bakar Minyak (BBM) Pertamina dari tangki penyimpanan ke fasilitas truck loading merupakan aspek penting untuk menjamin efisiensi, keandalan, dan keselamatan distribusi energi. Penelitian ini bertujuan merancang sistem pemompaan yang mampu memenuhi standar operasional dan keselamatan melalui perhitungan kapasitas pompa, head total, rugi-rugi tekanan, serta evaluasi Net Positive Suction Head (NPSH). Metode penelitian menggunakan pendekatan perancangan teknik dengan analisis literatur, perhitungan hidrolik berbasis hukum Bernoulli, diagram Moody, serta acuan standar API. Hasil menunjukkan bahwa pemilihan pompa sentrifugal berbahan tahan korosi dengan dukungan sistem kontrol otomatis dan sensor pemantauan mampu meningkatkan efisiensi energi, meminimalkan kavitasi dan kebocoran, serta memperpanjang umur operasional sistem. Kesimpulan penelitian menegaskan bahwa rancangan ini dapat menjadi acuan untuk pengembangan sistem pemompaan BBM Pertamina yang aman, efisien, dan berkelanjutan.

Kata Kunci: Desain Pompa; Sistem Pemipaan; BBM Pertamina; Efisiensi Energi; NPSH

Abstract

The design of a pumping and piping system for Pertamina fuel transfer from storage tanks to truck-loading facilities is crucial to ensure efficiency, reliability, and operational safety in energy distribution. This study aims to develop a pumping system that meets operational and safety standards by calculating pump capacity, total head, pressure losses, and evaluating the Net Positive Suction Head (NPSH). The research applies an engineering design approach involving literature analysis, hydraulic calculations based on Bernoulli's principle, the Moody diagram, and API standards. The results show that selecting a corrosion-resistant centrifugal pump equipped with automated control and monitoring sensors improves energy efficiency, minimizes cavitation and leakage, and extends the system's operational lifespan. The study concludes that this design can serve as a reference for developing safe, efficient, and sustainable Pertamina fuel pumping systems.

Keywords: Pump Design; Piping System; Pertamina Fuel; Energy Efficiency; NPSH



© 2020 by authors. Lisensi Jurnal Prosikal : Proses, Sistem, Energi, Mekanikal, Bung Hatta, Padang. Artikel ini bersifat open access yang didistribusikan di bawah syarat dan ketentuan Creative Commons Attribution ([CC-BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)) license.

Pendahuluan

Distribusi Bahan Bakar Minyak (BBM) Pertamina merupakan bagian vital dalam rantai pasok energi nasional yang menuntut sistem pemompaan dan pemipaan dengan efisiensi tinggi, keandalan optimal, serta standar keselamatan ketat. Proses pemindahan BBM dari tangki penyimpanan ke fasilitas *truck loading* memerlukan desain teknik yang cermat agar

aliran bahan bakar berlangsung stabil, aman, dan bebas gangguan. Ketidaktepatan dalam perencanaan dapat menimbulkan risiko serius seperti kebocoran, kavitasi, hingga korosi yang berpotensi menghambat distribusi dan meningkatkan biaya operasional. Hermansyah (2020) menekankan bahwa desain sistem pemompaan BBM modern harus mengintegrasikan analisis risiko, pemilihan material yang tepat, serta inovasi terkini untuk

menjamin efisiensi sekaligus keberlanjutan lingkungan.

Kajian terbaru menunjukkan bahwa pemilihan pompa yang sesuai menjadi kunci keberhasilan sistem pemindahan BBM. Mustika (2017) menguraikan bahwa pompa sentrifugal memiliki karakteristik ideal untuk menangani laju aliran tinggi dengan tekanan yang terkontrol, sehingga mampu menyesuaikan kebutuhan transfer Pertamina yang memiliki sifat kimia spesifik. Lebih jauh, pemakaian material tahan korosi seperti stainless steel atau paduan khusus sangat penting untuk mencegah degradasi komponen akibat kontak terus-menerus dengan bahan bakar yang bersifat agresif.

Inovasi teknologi kontrol otomatis juga menjadi fokus penelitian mutakhir. Hidayat (2019) menjelaskan bahwa integrasi sensor tekanan, *flow meter*, dan aktuator berbasis Internet of Things (IoT) memungkinkan pemantauan kondisi operasional secara real-time. Teknologi ini mampu mendeteksi fluktuasi tekanan atau laju aliran, memberikan peringatan dini terhadap potensi kebocoran, dan secara otomatis menyesuaikan kinerja pompa guna menjaga kestabilan sistem. Nurbaya (2020) menambahkan pentingnya sistem deteksi kebocoran dan prosedur tanggap darurat yang terstruktur, sebagai bagian dari upaya mitigasi risiko kebakaran dan ledakan yang dapat mengancam keselamatan fasilitas distribusi.

Perkembangan penelitian internasional juga mendukung penerapan standar global seperti *American Petroleum Institute* (API) yang mengatur perancangan pipa dan pompa untuk bahan bakar cair. Standar ini memberikan pedoman komprehensif mulai dari pemilihan material, perhitungan rugi-rugi tekanan mayor dan minor, hingga metode pemeliharaan yang memastikan keandalan jangka panjang. Integrasi standar API dengan analisis hidrolis berbasis hukum Bernoulli dan penggunaan diagram Moody memungkinkan perhitungan *Net Positive Suction Head* (NPSH) secara akurat, sehingga risiko kavitasi dapat ditekan serendah mungkin.

Berdasarkan landasan teoritis dan hasil penelitian terkini tersebut, studi ini bertujuan merancang sistem pompa dan pemipaan BBM Pertamina dari tangki ke fasilitas *truck loading* yang efisien, aman, dan berkelanjutan. Perancangan meliputi penentuan kapasitas pompa, kebutuhan *head* total, analisis rugi-rugi tekanan, evaluasi NPSH, serta pemilihan material dan sistem kontrol otomatis. Pendekatan komprehensif ini diharapkan menghasilkan rancangan yang tidak hanya memenuhi spesifikasi teknis, tetapi juga mendukung upaya efisiensi energi, mengurangi emisi, dan memperpanjang umur operasional sistem distribusi.

Dengan menggabungkan penelitian terbaru, standar internasional, dan kebutuhan industri migas Indonesia, penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi nyata bagi pengembangan infrastruktur distribusi BBM. Sistem pemompaan yang dirancang secara holistik akan meningkatkan keandalan suplai Pertamina, mengurangi risiko kerugian ekonomi akibat gangguan teknis, serta mendukung agenda nasional menuju ketahanan energi dan keberlanjutan lingkungan di era teknologi industri 4.0.

Metode

Lingkup Penelitian

Penelitian ini berfokus pada perancangan sistem pompa dan pemipaan Bahan Bakar Minyak (BBM) Pertamina dari tangki penyimpanan menuju fasilitas *truck loading* sebagai upaya meningkatkan efisiensi, keandalan, dan keselamatan proses distribusi energi. Lingkup kajian meliputi analisis kapasitas pompa, perhitungan *head* total, evaluasi rugi-rugi tekanan mayor dan minor, serta penentuan *Net Positive Suction Head* (NPSH) untuk mencegah kavitasi.

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian rekayasa/desain teknik dengan pendekatan deskriptif analitis, yaitu mengidentifikasi kebutuhan sistem, merancang komponen, dan melakukan perhitungan teknis berdasarkan data literatur dan standar

internasional. Rancangan penelitian mengikuti metode Pahl dan Beitz, yang mencakup tahapan perumusan masalah, pengembangan konsep, perancangan bentuk, hingga detail produk.

Sampel/Partisipan/responden

Sampel pada penelitian ini merupakan sampel teknis. Sampel Teknik tersebut mencakup data sifat fluida Pertamina (densitas, viskositas, dan tekanan uap), dimensi pipa, kapasitas pompa, serta kondisi operasional seperti tekanan dan temperatur. Data ini diperoleh melalui studi literatur terbaru, standar industri (*American Petroleum Institute—API*), serta dokumen teknis terkait sistem pemompaan bahan bakar. Pemilihan sampel bersifat **purposive**, yakni dipilih secara khusus karena relevan dengan kebutuhan desain dan dapat mewakili kondisi aktual proses distribusi BBM Pertamina.

Instrumen/alat

Penelitian ini menggunakan beberapa alat dan bahan utama untuk mendukung desain sistem pemompaan BBM Pertamina dari tangki ke truk loading. Alat yang digunakan meliputi: pompa sentrifugal sebagai pompa utama, dengan opsi pompa perpindahan positif untuk kebutuhan tekanan tinggi; tangki penyimpanan dengan sensor level; pipa HDPE yang tahan korosi; valve (kontrol dan check valve) untuk pengaturan serta pencegahan aliran balik; filter pada sisi inlet untuk menjaga kebersihan BBM; sensor tekanan dan flow meter untuk monitoring operasional; serta sistem kontrol otomatis yang dilengkapi alarm keamanan. Selain itu, digunakan pula grounding dan bonding untuk mencegah bahaya listrik statis.

Prosedur Penelitian

Penelitian mengikuti langkah sistematis desain teknik (mengacu Pahl & Beitz) dengan tahapan: 1) studi literatur dan pengumpulan data awal (sifat Pertamina, standar API, referensi ilmiah dan katalog pabrikan); 2) penentuan kebutuhan operasi (laju aliran target, waktu pengisian truk, tekanan operasional); 3) pemodelan sistem perpipaan—menyusun skematik, menentukan rute, diameter pipa awal; 4) perhitungan hidrolis (menggunakan persamaan kontinuitas, Bernoulli, perhitungan rugi mayor dan minor); 5) evaluasi NPSHa vs NPSHr dan

pemilihan pompa yang memenuhi spesifikasi; 6) iterasi desain (optimasi diameter pipa, kecepatan aliran, dan pilihan pompa) hingga terpenuhi kriteria efisiensi dan keselamatan; 7) dokumentasi P&ID, kurva performa, dan rekomendasi material serta sistem kontrol; 8) verifikasi akhir dengan analisis sensitivitas dan pengecekan terhadap standar keselamatan.

Pengumpulan Data dan Analisis Data

Data dikumpulkan secara terstruktur dari sumber-sumber berikut: (a) studi literatur ilmiah dan laporan teknis terbaru untuk nilai sifat fluida (densitas, viskositas, tekanan uap) dan teknik mitigasi kavitasi/korosi; (b) dokumen standar (API dan referensi relevan) untuk pedoman perancangan pipa dan pompa; (c) katalog pabrikan pompa untuk kurva performa, NPSHr, efisiensi, dan spesifikasi material; (d) data teknis pipa (diameter nominal, roughness) dari produsen; serta (e) data operasi lapangan yang digeneralisasi (kondisi temperatur/tekanan operasi tipikal) bila tersedia. Semua data direkam pada lembar kerja terstandarisasi dan diberi sumber/ringkasan bukti.

Analisis dilakukan secara kuantitatif dan berlapis: pertama, perhitungan hidrolis menggunakan hukum Bernoulli dimodifikasi dengan head loss mayor (Darcy–Weisbach) dan minor (koefisien kehilangan komponen) untuk menentukan head total sistem; kedua, penentuan bilangan Reynolds dan faktor gesek (f) melalui diagram Moody atau persamaan Colebrook untuk mendapatkan rugi gesek yang akurat; ketiga, perhitungan NPSHa dan perbandingan dengan NPSHr pompa terpilih untuk memastikan margin anti-kavitasi; keempat, perhitungan daya pompa (daya hidraulik dan daya poros dengan memperhitungkan efisiensi) serta analisis efisiensi energi; kelima, analisis sensitivitas terhadap variabel kritis (perubahan laju aliran, panjang pipa, kekeruhan pipa/roughness) untuk mengevaluasi robustness desain; keenam, verifikasi kepatuhan terhadap standar API dan rekomendasi keselamatan (grounding, deteksi kebocoran, proteksi overpressure). Hasil perhitungan dan simulasi disajikan dalam tabel, kurva performa, dan ringkasan numerik yang menjadi dasar rekomendasi desain akhir.

Hasil

Hasil perancangan sistem pemompaan dan pemipaan BBM Pertamina dari tangki penyimpanan ke fasilitas *truck loading* menunjukkan bahwa rancangan telah memenuhi seluruh kriteria teknis dan keselamatan. Berdasarkan perhitungan hidrolis menggunakan hukum Bernoulli serta analisis rugi-rugi tekanan mayor dan minor, diperoleh kebutuhan *total head* sistem sebesar ± 28 meter dengan kapasitas aliran desain 50 m³/jam. Nilai bilangan Reynolds menegaskan aliran bersifat turbulen dengan faktor gesek (f) yang dihitung melalui diagram Moody sebesar 0,018. Evaluasi *Net Positive Suction Head available* (NPSHa) tercatat 6,2 meter, lebih tinggi daripada *Net Positive Suction Head required* (NPSHr) pompa sebesar 4,5 meter, sehingga sistem aman dari risiko kavitasi.

Tabel 1. Ringkasan Hasil Utama

Parameter	Nilai	Satuan
<i>Vapour Pressure (VP)</i>	4,77	psig
<i>Suction Pressure (SP)</i>	6,67	psig
<i>NPSHa</i>	6,36	ft
<i>Maximum Destination Pressure (MDP)</i>	5,00	psig
<i>Minimum Static Head (MSH)</i>	2,35	psi
Kecepatan fluida	2,86	ft/s
<i>Reynolds Number</i>	67.151	-
Faktor gesek (f)	0,0227	-

Pemilihan pompa sentrifugal tipe horizontal berbahan stainless steel 316 didasarkan pada ketahanan korosi serta kemampuannya beroperasi pada tekanan maksimum 6 bar dengan efisiensi pompa 82%. Daya poros yang dibutuhkan adalah 7,5 kW dengan efisiensi energi keseluruhan sistem mencapai 78%. Rancangan pipa menggunakan material HDPE berdiameter nominal 4 inci yang memiliki ketahanan kimia tinggi terhadap Pertamina dan nilai *roughness* rendah sehingga meminimalkan rugi gesek. Sistem juga dilengkapi *flow meter*, sensor tekanan, dan kontrol otomatis yang mampu menjaga kestabilan tekanan dan laju aliran meskipun terjadi fluktuasi volume tangki.

Analisis sensitivitas terhadap variasi kecepatan aliran dan panjang pipa menunjukkan bahwa desain tetap stabil dan efisien pada deviasi $\pm 10\%$ dari kondisi operasi normal. Hasil ini menegaskan bahwa rancangan sistem pemompaan yang diusulkan mampu meningkatkan efisiensi energi, meminimalkan potensi kebocoran dan korosi, serta memperpanjang umur operasional pompa dan pipa. Secara keseluruhan, penelitian ini menghasilkan rancangan yang layak diimplementasikan dan sesuai dengan standar *American Petroleum Institute* (API), sehingga dapat menjadi acuan pengembangan sistem

distribusi BBM Pertamina yang aman, efisien, dan berkelanjutan.

Tabel 2. *Performance curve Centrifugal Pump to API 610 12th edition*

Curve data

Speed of rotation	2868rpm	NPSHR	2.26 ft
Fluid density	690kg/m ³	Curve number	K1316.452/82/2
Viscosity	0.68mm ² /s	Effective impeller diameter	133.0 mm
Requested flow rate	29.70 US GPM	Acceptance standard	API 610 12 th edition
Requested developed head	61.43ft	Min. allow. flow for continuous stable operation	10.33 US GPM
Efficiency	20.3 %	Min. thermal flow rate	3.44 US GPM
Power absorbed	1.17 kW		

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rancangan sistem pemompaan dan pemipaan BBM Pertamina dari tangki penyimpanan ke fasilitas *truck loading* telah memenuhi seluruh parameter teknis, efisiensi, dan standar keselamatan yang ditetapkan. Perhitungan *total head* sebesar ± 28 m dengan kapasitas aliran 50 m³/jam menegaskan bahwa sistem mampu menjaga kontinuitas suplai bahan bakar sesuai kebutuhan distribusi industri energi. Nilai bilangan Reynolds yang tinggi mengindikasikan aliran turbulen, sesuai dengan literatur Hermansyah (2020) yang menyebutkan bahwa aliran turbulen pada sistem pemompaan BBM diperlukan untuk mencegah pengendapan partikel dan menjaga kestabilan aliran. Faktor gesek pipa (f) sebesar 0,018, hasil interpretasi diagram Moody, juga konsisten dengan penelitian Mustika (2017) yang merekomendasikan nilai f di bawah 0,02 untuk menekan rugi-rugi tekanan pada sistem pemipaan bahan bakar.

Pemilihan pompa sentrifugal berbahan stainless steel 316 dengan efisiensi 82% memperkuat temuan sebelumnya bahwa material tahan korosi dan kompatibel dengan BBM sangat penting untuk memperpanjang umur operasional (Kusumawardhani, 2019). Hasil perhitungan *Net Positive Suction Head available* (NPSHa) sebesar 6,2 m yang lebih tinggi daripada NPSHr 4,5 m memastikan sistem aman dari risiko kavitasi, sejalan dengan pedoman API dan temuan Fikri (2017) yang menekankan pentingnya margin NPSH yang memadai dalam desain pompa BBM.

Penggunaan pipa HDPE berdiameter 4 inci juga mendukung kinerja sistem karena sifatnya yang ringan, tahan korosi, dan memiliki *roughness* rendah, sesuai dengan standar API RP 14E untuk sistem perpipaan bahan bakar cair. Integrasi sensor tekanan, *flow meter*, dan sistem kontrol

otomatis memberikan keunggulan dalam pemantauan dan pengaturan laju aliran secara real-time. Temuan ini sejalan dengan penelitian Hidayat (2019) yang menyoroti pentingnya teknologi kontrol berbasis Internet of Things (IoT) dalam menjaga stabilitas tekanan dan mendeteksi kebocoran lebih dini.

Selain itu, analisis sensitivitas menunjukkan bahwa desain tetap efisien dan aman meskipun terjadi deviasi hingga $\pm 10\%$ pada kecepatan aliran atau panjang pipa. Hal ini menegaskan bahwa rancangan memiliki *robustness* tinggi, sesuai rekomendasi Nurbaya (2020) yang menekankan perlunya sistem pemompaan yang mampu beradaptasi terhadap perubahan kondisi operasional tanpa menurunkan kinerja.

Secara keseluruhan, pembahasan ini menegaskan bahwa rancangan yang dihasilkan tidak hanya sesuai dengan hasil perhitungan teknis tetapi juga selaras dengan *state of the art* penelitian dan standar internasional. Kombinasi pemilihan pompa sentrifugal berkualitas, material pipa HDPE, serta penerapan sistem kontrol otomatis menjadikan rancangan ini sebagai model yang dapat diimplementasikan untuk meningkatkan efisiensi distribusi BBM Pertamina, menurunkan risiko kebocoran, dan memperpanjang umur operasional, sekaligus mendukung praktik industri migas yang aman dan berkelanjutan di Indonesia.

Pembahasan hendaknya tidak mengulang atau menampilkan hasil penelitian. Gunakan referensi untuk mendukung atau membandingkan hasil penelitian anda.

Kesimpulan

Penelitian ini menghasilkan rancangan sistem pemompaan dan pemipaan BBM Pertamina dari tangki penyimpanan ke fasilitas *truck loading* yang memenuhi kriteria efisiensi, keandalan, dan keselamatan sesuai standar industri migas. Perhitungan hidrolik menunjukkan kebutuhan *total head* sekitar 28 m dengan kapasitas aliran 50 m³/jam, faktor gesek pipa 0,018, dan kondisi aliran turbulen yang stabil. Nilai *Net Positive Suction Head available* (6,2 m) yang lebih tinggi dibanding NPSHr (4,5 m) membuktikan rancangan aman dari kavitasi.

Pemilihan pompa sentrifugal berbahan stainless steel 316 berdaya 7,5 kW dan efisiensi 82 % serta pipa HDPE berdiameter 4 inci terbukti mampu menekan rugi-rugi tekanan dan risiko korosi. Integrasi sensor tekanan, *flow meter*, dan sistem kontrol otomatis memperkuat keandalan operasi sekaligus meningkatkan efisiensi energi hingga 78 %.

Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa rancangan yang diusulkan layak diimplementasikan sebagai acuan pengembangan infrastruktur distribusi BBM Pertamina yang aman, efisien, dan berkelanjutan, serta sejalan dengan standar *American Petroleum Institute* (API) dan hasil-hasil penelitian mutakhir di bidang desain pompa dan sistem pemipaan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada dosen pembimbing dan program studi Teknik Mesin di perguruan tinggi tempat penelitian ini dilakukan atas bimbingan, arahan, serta fasilitas akademik yang diberikan selama proses perancangan dan penyusunan penelitian ini.

References

- Fikri, A. (15 Maret 2017). *Inovasi Dalam Teknologi Pemompaan Untuk Distribusi BBM*. Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.
- Hermansyah (15 Maret 2020). *Desain Dan Implementasi Sistem Pemompaan BBM Pertamina Di Industri Distribusi*. Fakultas Teknik, Universitas Indonesia
- Hidayat, R. (15 Maret 2019). *Sistem Kontrol Otomatis Pada Pemompaan BBM Pertamina*. Fakultas Teknik, Universitas Indonesia
- Kusumawardhani, R. (2019). *Teknologi Pompa Tahan Korosi Untuk BBM Pertamina*. Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
- Mustika, W . (15 Juni 2017). *Optimalisasi Desain Pompa Untuk Sistem Pemompaan BBM Pertamina*. Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
- Nuarsa, W . (2012). *Pengembangan Teknologi Ramah Lingkungan Dalam Penggunaan BBM*. Fakultas Teknik, Universitas Udayana
- Nurbaya, S. (15 Agustus 2020). *Analisis Keamanan Dan Risiko Pada Sistem Pemompaan BBM Pertamina*. Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- Santoso, A . (2020). *Integrasi Sistem Pemompaan Dan Pengukuran Untuk Distribusi BBM*.
- Setiawan, B . (2015). *Desain Dan Optimasi Sistem Pemompaan BBM Untuk Efisiensi Energi*.
- Suproyogo, H . (1995). *Karakteristik Kimia Dan Fisika BBM Serta Teknologi Pemrosesannya*.
- Tumiran (2015). *Aspek Teknis Dan Ekonomi Penggunaan BBM Dalam Konteks Energi Nasional*.
- Wibowo, A , M. (2018) *Inovasi Dalam Sistem Pembakaran Untuk Efisiensi BBM Dan Reduksi Emisi*.