

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sejarah Kereta Api Uap Di Indonesia

Kereta Api Pertama di Indonesia tahun 1867 di kota Semarang, dibangun di Indonesia. Pada saat itu, rute kereta api yang dibangun adalah NIS-Tanggung dengan jarak 26 km. Pembangunan kereta api ini atas permintaan dari Raja Willem untuk keperluan transportasi militer di Semarang dan sebagai alat angkut hasil bumi ke Gudang Semarang. Sejak saat itu, Pemerintah Kolonial Belanda terus mengadakan pembangunan di bidang transportasi kereta api. Hal ini dimaksudkan untuk melayani kebutuhan akan angkutan pengiriman hasil bumi dari Indonesia. Ini terbukti sejak tahun 1876 telah membangun berbagai sarana dan prasarana kereta api, dengan muara dua buah pelabuhan, yaitu Pelabuhan Tanjung Priok Jakarta dan Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya.

Berbagai Kereta Api Lokomotif Uap di Indonesia pernah ada, diantaranya yaitu:

- Kereta Api Lokomotif Uap Tahun 1871: Seri B Gordon, Manchester
- Kereta Api Lokomotif Uap Tahun 1880: Seri C Manchester
- Kereta Api Lokomotif Uap Tahun 1899: Seri BB Hartmann
- Kereta Api Lokomotif Uap Tahun 1904: Seri CC Hartmann
- Kereta Api Lokomotif Uap Tahun 1916: Seri DD ALCO (yang terbesar di Indonesia, kelas 2-8-8-0)
- Kereta Api Lokomotif Uap Tahun 1951: Seri D 52 Krupp.

Tidak seperti di Amerika Serikat, di Indonesia tidak ada lokomotif yang ukuran dan tenaganya super besar seperti *BigBoy*, *Challenger* ataupun *Northern*, tetapi Indonesia juga mempunyai lokomotif terbesar seperti seri DD 50, DD 51 dan DD 52. Salah satu lokomotif *mallet* yang terdapat di Indonesia yaitu Lokomotif DD 52.

Perusahaan kereta api di Indonesia yaitu *Staatsspoorwegen* (SS) membutuhkan suatu lokomotif uap dengan daya yang lebih besar dari lokomotif uap yang sudah ada saat itu, serta mampu berbelok dengan mulus pada rel yang mempunyai tikungan tajam di jalur-jalur pegunungan di Jawa Barat. Untuk mengatasi hal itu, SS telah memesan lokomotif uap besar, walaupun tidak super besar seperti *BigBoy* yang ada di Amerika Serikat.

Staatsspoorwegen memesan kepada produsen lokomotif uap ALCO di Amerika Serikat pada tahun 1916 hingga tahun 1923. Lokomotif yang dipesan berupa lokomotif uap tipe *mallet* generasi ketiga (DD 50), generasi keempat (DD 51) dan generasi kelima (DD 52) yang akan beroperasi di Indonesia. Ketiga seri lokomotif uap tersebut, memiliki susunan konfigurasi roda 2-8-8-0. Lokomotif uap seri DD50 mempunyai berat 133 ton, panjang 20,737 m dan mampu melaju hingga kecepatan 40 km/jam. Lokomotif uap seri DD51 mempunyai berat 137 ton, panjang 20,737 m dan mampu melaju hingga kecepatan 40 km/jam (Seri DD 50 atau DD 51 mirip Lokomotif Uap Northern). Lokomotif Uap seri DD52 mempunyai daya 1850 HP (horse power), memiliki berat 136 ton, panjang 20,792 m dan mampu melaju hingga kecepatan 50 km/jam. Dengan spesifikasi teknis yang seperti itu, maka lokomotif DD50, DD51 dan DD52 merupakan lokomotif uap terbesar yang pernah beroperasi di Indonesia.

Pada tahun 1916, *Staatsspoorwegen* memesan 8 unit lokomotif uap seri DD50 pabrik ALCO (*American Locomotive Company*, Amerika Serikat). Selanjutnya pada tahun 1919, SS kembali memesan 12 unit lokomotif uap seri DD51 ke pabrik ALCO dengan konstruksi yang sama dengan lokomotif DD50 namun dengan design teknis yang lebih baik.

Lokomotif uap seri DD50 dan DD51 mampu melaju hingga kecepatan 40 km/jam. Pada tahun 1923, SS kembali memesan lagi 10 unit lokomotif DD52 dengan konstruksi yang sama dengan lokomotif DD50/DD51 namun dengan kecepatan maksimum yang lebih tinggi yaitu 50 km/jam. Namun pemesanan lokomotif DD52 ini dilayangkan kepada 3 (tiga) pabrik lokomotif di Eropa (*Hanomag/Jerman, Hartmann/Jerman and Werkspoor/Belanda*).

a. Kereta Api Pada Rel Bergigi di Sumatera Barat dan Ambarawa

Di Indonesia pernah beroperasi kereta api pada rel bergigi di Sumatera Barat dan Ambarawa, yaitu kereta api yang beroperasi di daerah pegunungan dengan kemiringan lintas rel sebesar 6% (lintas kereta umumnya hanya sampai 1% saja). Kini kereta api tersebut masih dioperasikan untuk kepentingan pariwisata di Sumatera Barat dan Ambarawa.

b. Bengkel Lokomotif Uap di Madiun

Pada mulanya depo lokomotif uap ada di seluruh stasiun di Indonesia, seperti Tanahabang Jakarta, Bandung, Purwokerto, Kutoharjo, Pengok bengkel lokomotif di pulau Jawa Yogyakarta, Madiun, dan Gubeng (Surabaya), namun sejak pemerintah mengimpor lokomotif diesel, maka Madiun telah ditetapkan menjadi bengkel pusat lokomotif uap menggantikan bengkel Pengok. Sekarang lokasi di Madiun dipakai untuk PT. Industri Kereta Api (PT. INKA).

c. Lokomotif Uap terakhir di Indonesia

Pada tahun 1950, Pemerintah RI melalui DKA (Djawatan Kereta Api) mengimpor lokomotif uap yang terakhir yaitu seri D 52 dari pabrik *Fried Krupp di Essen*, Jerman sebanyak 100 buah dengan sistem kopel 2-8-2. Lokomotif ini sangat kuat (bertenaga 1600 HP) dan dipakai di berbagai kebutuhan untuk penumpang, barang maupun angkutan batu bara. Setelah beroperasi sekitar 30 tahun (D 52), maka pengoperasian lokomotif uap berakhir seiring dengan adanya era peralihan traksi uap

menjadi traksi diesel. Lokomotif uap yang masih tersisa berada di Ambarawa.

d. Museum Kereta Api

Pada masa peralihan traksi uap menjadi traksi diesel, beberapa lokomotif uap telah dibawa ke Ambarawa dan Taman Mini untuk dilestarikan dalam bentuk museum kereta api. Bagi para penggemar kereta api uap dapat melihat di museum kereta api di seluruh dunia, dan di Indonesia dapat dilihat di Taman Mini (DKI Jakarta), Museum Kereta Api Ambarawa (Jawa Tengah), atau Museum Kereta Api Sawahlunto (Sumatera Barat).

2.2 Bagian dari Lokomotif Uap

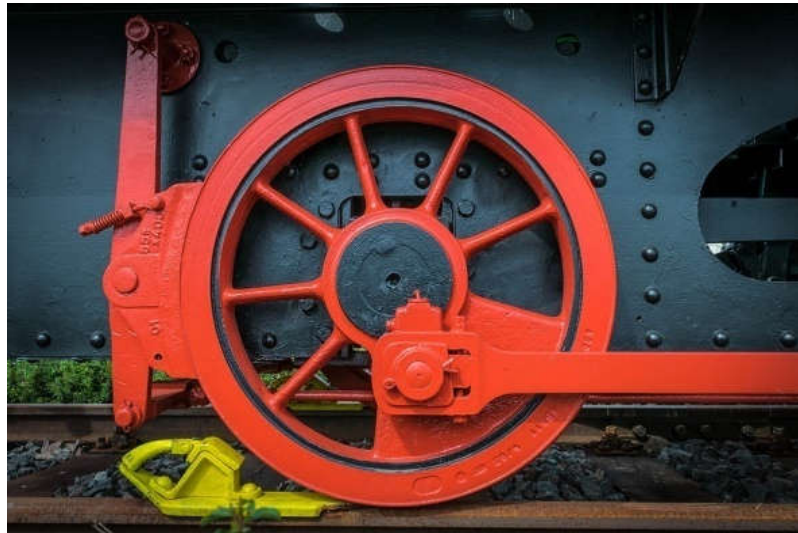
- a. Tungku pembakaran batu bara atau kayu
- b. Ketel uap air adalah tangki penampung air pada lokomotif.
- c. Roda penggerak adalah untuk menggerakkan lokomotif baik maju maupun mundur.
- d. Piston adalah sebagai penekan udara masuk dan penerima tekanan hasil pembakaran pada ruang bakar.
- e. Ruang masinis adalah tempat masinis untuk mengoperasikan dan mengendalikan laju lokomotif.
- f. Cerobong adalah tempat keluarnya asap pada lokomotif.
- g. Manometer untuk mengukur tekanan pada loko.



Gambar 2.1 Tungku Tempat Pembakaran Batu Bara Atau Kayu
Sumber PG Porwodadi Magetan



Gambar 2.2 Ketel Uap Air
Sumber PG Pagotan Madiun



Gambar 2.3 Roda Penggerak Loko

Sumber : <http://gambar-transportasi.blogspot.co.id/2015/08/kereta-api-lokomotif-uap.html>



Gambar 2.4 Piston Penggerak Roda

Sumber PG.Pagotan Madiun



Gambar 2.5 Ruang Masinis Lokomotif Uap
Sumber PG. Porwodadi Magetan



Gambar 2.6 Cerobong Asap Loko Uap
Sumber PG. Pagotan Madiun



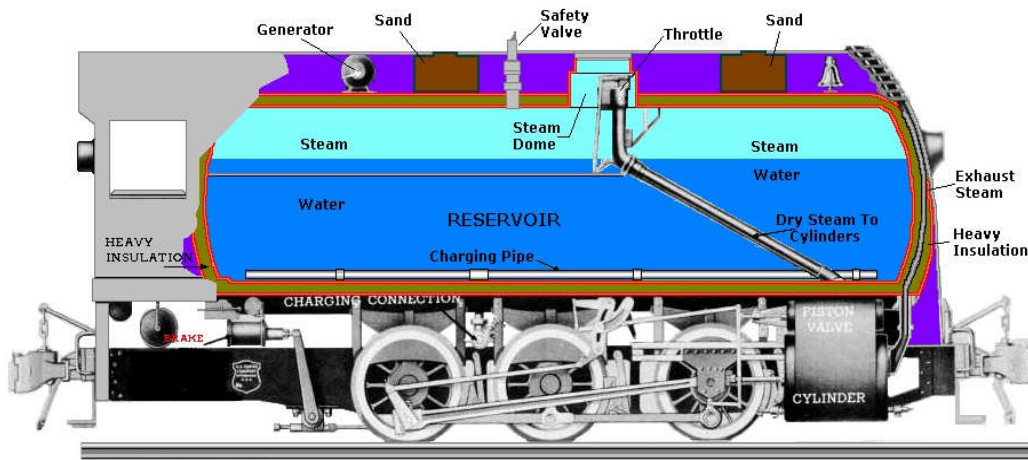
Gambar 2.7 Manometer

Sumber PG Pagotan Madiun

2.3 Sejarah Lokomotif Susu

Loko susu adalah lokomotif yang berbahan bakar mengambil dari uap produksi ketel yang di modifikasi pada tahun 2010, oleh PG. Pagotan Madiun. Dinamakan Loko susu karena uap berwarna putih seperti susu, sehingga PG Pagotan memberi nama Lokomotif susu. Loko susu memanfaatkan bahan bakar uap produksi dari boiler Ketel Osro. Cara pengisian bahan bakarnya menyalurkan uap produksi boiler Ketel Osro dengan menghubungkan *Steam Charger* kedalam tangki loko susu selama 10 menit, bisa untuk operasional selama 3 - 4 jam dengan tekanan 12 Kg/cm².

2.4 Bagian dari Lokomotif Uap Maupun Lokomotif Susu



Gambar 2.8

Sumber PG Pagotan Madiun

Keterangan :

Generator adalah untuk membangkitkan arus listrik pada lokomotif.

Sand adalah tempat untuk keluar uap (uap buang).

Safety valve adalah untuk pengaman tekanan cerobong.

Throttle adalah sebagai pengatur buka tutupnya uap yang mau masuk ke piston penggerak roda.

Steam Dome adalah tempat keluar uap (cerobong).

Reservoir adalah tempat penampung air.

Dry Steam To Cylinders adalah pipa untuk mengalirkan uap ke silinder.

Exhaust Steam adalah sisa uap dari pembakaran pada lokomotif.

Heavy Insulation adalah sebagai peredam panas pada body lokomotif.

Charging connection adalah tempat untuk mengisi air pada lokomotif.

Cylinder adalah untuk menggerakkan roda pada lokomotif.

Diameter roda loko susu 50 cm

$r = 25 \text{ cm}$

Keliling lingkaran πr^2

$3,14 \times 25^2 = 1.962,5 \text{ cm}$ atau kurang lebih 2M

Jadi, sekali roda berputar maju atau mundur menempuh jarak 2 Meter

2.5 Bagian-bagian yang terdapat didalam lokomotif susu

- a. Piston uap air adalah untuk menggerakkan roda pada lokomotif
- b. Tangki penampung uap
- c. *Steam Charging* digunakan untuk mengisi bahan bakar uap produksi dari boiler.
- d. Roda penggerak adalah untuk menggerakkan lokomotif baik maju maupun mundur.
- e. Ruang masinis adalah tempat masinis untuk mengoperasikan dan mengendalikan laju lokomotif.
- f. Cerobong adalah tempat keluarnya asap pada lokomotif.
- g. Gelas ukur adalah untuk mengukur tekanan air didalam loko.
- h. Termometer adalah untuk mengukur suhu didalam boiler loko.
- i. Krancis digunakan untuk membuang air yang ada di silinder piston.



Gambar 2.9 Silinder Mesin Lokomotif Susu

Sumber PG Pagotan Madiun



Gambar 2.10 Tangki Penampung Uap
Sumber PG Pagotan Madiun



Gambar 2.11 *Sistem Charging*
Sumber PG Pagotan Madiun



Gambar 2.12 Roda Penggerak Loko susu
Sumber PG.Pagotan Madiun



Gambar 2.13 Ruang Masinis Lokomotif Susu
Sumber PG. Pagotan Madiun



Gambar 2.14 Cerobong Asap Lokomotif Susu
Sumber PG. Pagotan Madiun



Gambar 2.15 Gelas Ukur Lokomotif Susu
Sumber PG. Pagotan Madiun



Gambar 2.16 Termometer Loko Susu

Sumber PG. Pagotan Madiun



Gambar 2.17 Krancis Loko Susu

Sumber PG. Pagotan Madiun

2.6 Perhitungan yang digunakan

Bahan bakar untuk ketel-ketel uap itu adalah tebu yang dihasilkan dari sisa pemerahan di gilingan atau duffuser. Ampas dari gilingan akhir dianalisa, sehingga diketahui nilai polarisasi dan kadar zat keringnya. Hasil analisa, selain digunakan untuk perhitungan neraca bahan, juga digunakan untuk menghitung nilai bakar bersih (NBB atau NCV = *nett caloric value*) dari ampas tersebut dengan menggunakan rumusnya von Pritzelwich van der Horst:

$$\text{NBB} = 4.250 - 10 \text{ pa} - 48 \text{ ka}$$

(Sumber buku pengantar Injiniring pabrik gula Bab 8.1 Ketel Uap oleh : Toat Soemohandojo)

dimana: NBB = nilai bakar bersih, dalam kcal

pa = pol ampas gilingan akhir, dalam %

ka = kadar zat cair dalam ampas gilingan akhir, dalam %

Kadar zat cair = 100% - kadar zat kering (kzk), dimana kzk diperoleh dari analisa, sehingga: ka = 100 - kzk

Pada pabrik gula yang didesain secara modern, pemakaian uap hanya diperuntukkan terutama bagi turbin uap penggerak generator saja, karena penggerak gilingan dan peralatan pengerjaan pendahuluan, seperti pisau tebu, unigerator sudah menggunakan motor listrik. Dengan demikian pabriknya akan kelihatan berdih dan necis, tidak terdapat pipa uap yang biasanya malam melintang diatas gilingan dan lain-lainnya.

Tromp menerangkan bahwa nilai 66% adalah nilai tertinggi yang sudah/ pernah ditemukan. Hal ini sesuai/ dengan nilai koefisien sekitar 0.99.

Pada perang dunia 2, hal ini telah dipertimbangkan di kubabahnya efisiensi keseluruhan tidak pernah melebihi **61.3%** dan mencapai nilai tersebut. Hanya diinstalasi terbaik tungku modern *spreader-stoker* memberikan efisiensi 83-88% (menggunakan ampas) di *NCV* (*nett caloric value*) ketika dioperasikan pada ampas tebu dan 92-94% pada bahan bakar minyak (menggunakan residu).

Di *queensland*, tes dilansir oleh *Behne* memberi angka yang ditampilkan dalam Tabel 2.1

Tabel 2.1 Efisiensi boiler

<i>Type of boiler</i>	<i>kg Steam/kg bagasse</i>	<i>Overall efficiency</i>
Thompson	2.3	53.1
B. & W.	2.4	56.2
Semi-tubular	1.8	42.2

(Handbook of Cane Sugar; 938)

2.7 Perhitungan Volume Tangki Loko Susu

Untuk menghitung volume tangki silinder dengan head tipe elipsoidal, maka digunakan rumus [Daniel K. Jones, Ph.D., P.E., 2002, Calculating Tank Volume, New York]:

$$V_f = A_f \cdot L + \pi \cdot a \cdot h^2 \left(1 - \frac{h}{3R}\right)$$

2.8 Perhitungan Berat Uap Didalam Tangki Loko Susu

Berat uap didalam tangki = massa jenis uap x V_f

(Schaum's Outline of Theory and Problems of Applied Physics : 269)