

# OPTIMALISASI INJEKSI AMONIA PADA *INTERNAL WATER TREATMENT* DI PT PLN NUSANTARA POWER UNIT 1 DAN 2

Berliana Dwiyanti<sup>1</sup>, Suryaning Priscelia Andriani<sup>1</sup>, Rosita Dwi Chrisnandari<sup>1</sup>, Aditya Wahyu Perdana<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

<sup>2</sup>PT PLN Nusantara Power, Jl. Raya Surabaya-Situbondo No.Km. 142, Paiton, Probolinggo, Jawa Timur, Indonesia

[berlianadwiyanti004@gmail.com](mailto:berlianadwiyanti004@gmail.com) ; [[rositadwi86@polinema.ac.id](mailto:rositadwi86@polinema.ac.id)]

## ABSTRAK

Air umpan untuk *boiler* di PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Paiton berasal dari sungai desa klontong. Untuk menjadikan air sungai menjadi air umpan *boiler*, dilakukan suatu proses untuk menghilangkan kontaminan, ion-ion terlarut, dan gas. Pengolahan air setelah masuk kedalam boiler disebut sebagai *Internal water treatment* yang merupakan pengendalian atau pengolahan air yang dilakukan di dalam sistem air uap siklus PLTU. Salah satu parameter kualitas air umpan *boiler* adalah pH yang harus berada dalam rentang standar pabrik antara 9,2 hingga 9,6. Korosi pada pipa dan boiler dapat terjadi jika kadar pH tidak memenuhi standar pabrik. Perawatan berupa injeksi amonia diperlukan untuk mencapai pH yang memenuhi standar pabrik. Hal ini meningkatkan pH kondensat, air umpan, dan uap ke kisaran pH dimana laju korosi paling rendah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh informasi kuantitatif mengenai jumlah amonia yang diperlukan untuk disuplai pada saat injeksi kedalam air umpan boiler agar pH air umpan menjadi basa. Metode yang digunakan untuk menghitung kebutuhan massa amonia yang diinjeksi adalah metode stoikiometri massa amonia. Hasil analisis dan perhitungan diperoleh kebutuhan massa amonia untuk menaikkan pH air menjadi 9 - 9.5 sebanyak 1.065.000 L/jam adalah sebesar 321,95 g/jam atau sebesar 0,00032195 ton/jam. *Flowrate* air untuk setiap jamnya bersifat fluktuatif menyesuaikan beban megawatt yang diproduksi oleh PLTU dengan kisaran  $\pm 1065000$  L/jam. Untuk mencapai pH yang diinginkan jumlah amonia tersebut sudah optimal dan pH akhir sudah sesuai dengan standar kebutuhan industri.

**Kata kunci:** air umpan boiler, amonia, basa, boiler, pH

## ABSTRACT

*Feed water for boilers at PT The PLN Nusantara Paiton Power Unit originates from the Klontong village river. To make river water into boiler feed water, a process is carried out to remove contaminants, dissolved ions and gases. The processing of water after it enters the boiler is called Internal water treatment, which is the control or processing of water carried out in the PLTU steam cycle water system. One of the boiler feed water quality parameters is pH which must be within the factory standard range of 9.2 to 9.6. Corrosion in pipes and boilers can occur if the pH level does not meet factory standards. Treatment in the form of amonia injection is required to achieve a pH that meets factory standards. This increases the pH of the condensate, feed water, and steam to the pH range where the corrosion rate is lowest. The aim of this research is to obtain quantitative information regarding the amount of amonia needed to be supplied during injection into the boiler feed water so that the pH of the feed water becomes alkaline. The method used to calculate the mass requirement for injected amonia is the amonia mass stoichiometric method. The results of analysis and calculations show that the mass requirement for amonia to increase the pH of water to 9 - 9.5 is 1,065,000 L/h, which is 321.95 g/d or*

0.00032195 tons/d. The water flow rate for each hour fluctuates according to the megawatt load produced by the PLTU with a range of  $\pm 1065000$  L/h. To achieve the desired pH, the amount of amonia is optimal and the final pH is in accordance with industry standards.

**Keywords:** boiler feed water, amonia, basa, boiler, pH

## 1. PENDAHULUAN

Saat ini, Indonesia menggunakan listrik dari berbagai sumber energi seperti batu bara, minyak bumi, dan biomassa yang sebagian besar digunakan untuk turbin, dan dihasilkan dari berbagai sumber energi seperti batu bara, minyak dan biomassa. Dalam memproduksi listrik memerlukan pembangkit uap di *boiler*. Kinerja *boiler* bergantung pada banyak faktor seperti jenis *boiler*, suplai oksigen, laju *blowdown*, dan kualitas umpan *boiler* [1].

Ketel uap adalah bejana terpenting dalam proses memanaskan air sampai suhu tertentu sehingga menghasilkan uap panas, yang selanjutnya digunakan pada proses selanjutnya [2]. Di pabrik, batu bara adalah bahan bakar penghasil panas yang dijadikan sumber energi untuk boiler [3]. Air umpan mengacu pada air yang disuplai ke *boiler* untuk diubah menjadi uap. Sistem air umpan adalah sistem yang secara otomatis menyediakan air ke boiler sesuai dengan kebutuhan sistem. Kualitas air umpan *boiler* harus memenuhi persyaratan tertentu agar tidak menyebabkan kerusakan pada peralatan tersebut [4]. Kualitas air untuk *boiler* harus terjamin agar tidak mengandung substansi yang dapat menyebabkan penumpukan kerak dan korosi pada peralatan *boiler*.

PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Paiton adalah anak perusahaan PLN yang memproduksi listrik menggunakan sistem pembangkit tenaga uap (PLTU) dengan memanfaatkan sumber air sungai dari desa klontong sebagai bahan utama dalam prosesnya. Agar air sungai dapat digunakan sebagai air umpan untuk boiler, harus melalui beberapa tahapan seperti *pretreatment*, demineralisasi dan daerasi [5]. *Pretreatment* bertujuan untuk menghilangkan kandungan suspended solid (partikel tidak larut) dalam raw water dengan proses *clarification* dan *filtration* sehingga memenuhi batasan untuk diolah lebih lanjut. Tujuan demineralisasi adalah untuk menghilangkan kation seperti kalsium ( $\text{Ca}^+$ ) dan magnesium ( $\text{Mg}^+$ ), serta anion seperti karbonat ( $\text{CO}_3^-$ ) dan bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) dari air. Proses ini dapat dilakukan menggunakan teknik *reverse osmosis*. Daerasi dimaksudkan untuk menghilangkan gas-gas terlarut dalam air, dan hal ini dilakukan dengan menambahkan bahan kimia penghilang oksigen yang terkontrol. Tujuan dari pengolahan air adalah untuk memastikan bahwa air yang digunakan sebagai air umpan *boiler* memenuhi standar tertentu guna mencegah kerusakan pada *boiler*. Pada umumnya air tersebut harus bebas dari zat-zat yang bisa menyebabkan endapan yang menghasilkan kerak pada *boiler*, yang dapat mengakibatkan korosi pada boiler dan sistem pembantunya. Selain itu, air umpan tidak boleh mengandung bahan-bahan yang menyebabkan pembusaan dalam *boiler* [6].

Amonia ( $\text{NH}_3$ ) memiliki peran yang sangat krusial bagi lingkungan, karena dapat larut dalam air membentuk ion ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) [7]. Fungsi utama amonia dalam konteks kimia asam-basa adalah untuk menetralkan keasaman lingkungan serta menjaga keseimbangan ekosistem. Namun, keberadaan amonia juga dapat menimbulkan masalah jika jumlahnya terlalu banyak, misalnya amonia dalam air kemasan yang bereaksi dengan air membentuk *amonia water*. Senyawa ini mampu melarutkan protein dalam jaringan tubuh dan dapat

merusak jaringan tubuh [8]. Selain *spektrofotometer UV-Vis* dan pHmeter, beberapa reagen digunakan untuk mengukur kandungan amonia dan pH sampel air. *Spektrofotometer UV-Vis* digunakan untuk mengukur konsentrasi amonia secara kuantitatif, sedangkan pHmeter digunakan untuk mengukur pH sampel air [9]. Pengukuran pH penting dilakukan untuk mengetahui tingkat keasaman atau kebasaaan [10]. Penggunaan amonia dalam industri membantu meningkatkan nilai pH air umpan *boiler*. Standar pH yang ditetapkan oleh pabrik, yaitu 9,2 - 9,6. Injeksi amonia bertujuan untuk menjaga kualitas pH sesuai standar agar tidak mengakibatkan terjadinya *scalling* di dalam *boiler* [11]. *Scalling* yang terjadi dalam boiler mengakibatkan pengurangan *heat transfer* dan menurunnya tingkat efisiensi sehingga mempercepat terjadinya kegagalan operasional. Pemberian amonia harus disesuaikan dengan kebutuhan air umpan *boiler*. Jumlah amonia diperoleh melalui analisis dan perhitungan yang bertujuan untuk menaikkan pH air umpan *boiler* agar sesuai dengan standar.

Berdasarkan penelitian oleh Simatupang dan Ramadhani (2021) menyatakan bahwa semakin tinggi nilai frekuensi bukaan pompa tangki amonia maka semakin turun nilai kenaikan pH air umpan boiler. Rata-rata massa amonia yang dibutuhkan untuk menaikkan pH menjadi 9,2-9,43 adalah sebesar  $2,4573 \times 10^{-5}$  mol/L atau sama dengan 0,0843 kg/jam dari konsentrasi total ammonia pada tangki sebanyak 2% (v/v) [1]. Kelebihan dari penelitian ini menunjukkan variasi bukaan pompa yang mempengaruhi pH sedangkan kekurangannya tidak mencantumkan biaya bahan yang dikeluarkan untuk proses injeksi.

Berdasarkan latar belakang dan penelitian terdahulu yang telah dijabarkan diatas, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan informasi secara kuantitatif mengenai jumlah amonia yang diperlukan pada saat diinjeksikan kedalam air umpan *boiler* untuk meningkatkan pH air umpan menjadi basa.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan melalui metode kuantitatif. Metode kuantitatif dimulai dengan mengumpulkan data pengamatan meliputi laju alir air, pH awal amonia, dan konsentrasi massa amonia. Data ini didapatkan saat pabrik beroperasi. Pengambilan data dilakukan di Laboratorium PT PLN Nusantara Power Unit 1 dan 2. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah air umpan *boiler*. Alat yang digunakan untuk menganalisis pH air umpan yaitu gelas beaker 100 mL, pH meter dan batang pengaduk.

### 2.1. Analisis pH

Air umpan boiler yang sudah dilakukan penginjeksian dan sebelum dilakukan penginjeksian amonia diambil secukupnya yang kemudian dituangkan ke dalam gelas beaker 100 mL. Air kemudian diaduk menggunakan batang pengaduk. Selanjutnya, ukur pH dengan mencelupkan pH meter ke dalam air umpan boiler yang sudah dilakukan injeksi dan sebelum dilakukan injeksi amonia dan biarkan stabil selama 1 hingga 2 menit. Selanjutnya amati dan catat nilai pH air umpan boiler.

### 2.2. Stoikiometri Massa Amonia

Metode perhitungan yang digunakan untuk menghitung massa amonia yang dibutuhkan untuk diinjeksikan adalah metode stoikiometri. pH air umpan *boiler* setelah injeksi amonia ditentukan dengan menggunakan perhitungan konsentrasi ion hidroksida [OH<sup>-</sup>]. Perhitungan ini dibentuk dengan menggunakan rumus :

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14 \quad (1)$$

$$\text{pOH} = -\log \log [\text{OH}^-] \quad (2)$$

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{K_b \times M_b} \quad (3)$$

Selanjutnya massa amonia dalam satuan kg/jam ditentukan menggunakan rumus :

$$\text{massa ammonia} = [\text{OH}^-] \times V \times \text{BM} \quad (4)$$

Keterangan :

V : *Flowrate* air umpan boiler (L/jam)

BM : berat molekul  $\text{NH}_3$  (17 g/mol).

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kebutuhan energi dan sistem pemanas pada industri biasanya dipenuhi dengan menggunakan air yang diubah menjadi steam dan diproduksi dalam *boiler* [12]. Air yang berasal dari air sungai banyak mengandung pengotor dan ion-ion sehingga memerlukan pengolahan untuk dapat digunakan sebagai air umpan *boiler* yang berfungsi untuk memperpanjang umur peralatan *boiler* [13]. Jika air tidak diolah, endapan dapat terbentuk sehingga menimbulkan kerak pada boiler [14]. Korosi pada boiler dan sistem penunjangnya dapat terjadi akibat pH yang tidak sesuai dengan standar pabrik, pH dibawah standar pabrik dapat menyebabkan suatu kondisi dimana padatan terlarut dalam air boiler terbawa kedalam uap dan dapat membentuk kerak di sepanjang pipa jalur uap menuju turbin sedangkan jika pH berada diatas standar pabrik maka dapat terjadi *foaming* yaitu terbentuknya gelembung air pada boiler dan menyebabkan caustic yang berlebihan dalam air yang dapat menimbulkan korosi [11]. Selain itu, air juga harus bebas dari zat yang dapat menyebabkan *foaming* di dalam *boiler*. Pembusaan terjadi jika pH dalam air boiler berada diatas standar pabrik yang mengakibatkan steam sulit terlepas secara porositas dalam air.

Injeksi amonia dilakukan setelah air keluar dari *Condensate Polishing Plant* yaitu bejana yang berisi campuran resin *cation exchanger* dan *anion exchanger* untuk pertukaran ion. Injeksi dilakukan dengan cara menyimpan gas amonia dalam keadaan cair dengan tekanan tinggi dan memperkecil volumenya. Di bagian atas tangki terdapat uap  $\text{NH}_3$  jenuh yang mengalir terus menerus ke sistem aliran pembuangan pada tekanan 1 atm. Laju aliran diatur oleh katup yang secara otomatis mengatur laju aliran gas  $\text{NH}_3$  sesuai kebutuhan (sejalan dengan laju aliran gas buang). Letak sistem injeksi ditempatkan sebelum gas-gas masuk ke dalam reaktor, dengan harapan akan tercampur sempurna pada saat masuk ke dalam reaktor. Sistem injeksi gas amonia dirancang searah dengan aliran gas buang, sehingga sangat membantu pemerataan reaksi [15]. Reaksi yang terjadi pada pencampuran air dan amonia, yaitu :



Amonia yang diinjeksikan kedalam air umpan *boiler* bersifat basa (pH 11-12). Hal ini menjelaskan kemampuan air amonia mampu mengimbangi asam atau dikenal dengan sebutan *acid-neutralizing capacity* (ANC) yang merujuk pada kemampuan anion dalam air untuk menetralsir kation hidrogen, sehingga meningkatkan pH air. Senyawa lain seperti Hidrazin bersifat hampir sama dengan amonia yaitu dapat menaikkan pH *feedwater* dan meremove kandungan oksigen terlarut. Tetapi penggunaan hidrazin sekarang dihindari karena hidrazin bersifat karsinogenik.

Konsentrasi amonia yang dibutuhkan untuk dicampur kedalam air adalah 5% dari total *feedwater* karena sesuai dengan manual book dan IK pengkondisian air siklus PLTU saat normal operasi. Kebutuhan massa amonia ditentukan dengan menggunakan stoikiometri massa amonia yang diawali dengan perhitungan konsentrasi ion hidroksida. Berdasarkan perhitungan didapatkan konsentrasi ion hidroksida sebesar  $10^{-4,75}$  mol/L yang digunakan untuk perhitungan selanjutnya yaitu massa amonia. Dari perhitungan tersebut didapatkan kebutuhan massa amonia untuk menaikkan pH air menjadi 9 – 9,5 sebanyak 1.065.000 L/jam adalah sebesar 321,95 g/jam atau sebesar 0,00032195 ton/jam. pH akhir sebesar 9,5 diukur menggunakan pH meter *online* maupun manual atau *portable*. *Flowrate* air untuk setiap jamnya bersifat fluktuatif menyesuaikan beban megawatt yang diproduksi oleh PLTU dengan kisaran  $\pm 1.065.000$  L/jam. Perhitungan massa amonia yang dilakukan sudah optimal, apabila perhitungan tidak optimal maka dapat berpengaruh terhadap biaya bahan. Biaya yang dikeluarkan dalam sekali proses injeksi sebesar  $\pm$  Rp 37.024,5 sedangkan dalam basis 1 tahun injeksi amonia dapat memakan biaya  $\pm$  Rp 231.031.320. Tabulasi data penentuan kebutuhan amonia ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Tabulasi data penentuan kebutuhan amonia

Sampel air umpan	Konsentrasi awal amonia (%)	Konsentrasi akhir amonia (%)	Laju alir air umpan boiler (L/jam)	pH awal	pH akhir	Kebutuhan massa amonia (L/jam)
Hari pertama	25	5	1.065.000	11-12	9-9,5	0,32195

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan perhitungan dapat disimpulkan bahwa jumlah kebutuhan massa amonia untuk menaikkan pH air menjadi 9 - 9.5 sebanyak 1.065.000 L/jam adalah sebesar 321,95 g/jam atau sebesar 0,00032195 ton/jam. Jumlah kebutuhan massa amonia ini sudah optimal karena sudah sesuai dengan biaya bahan yang dibutuhkan dan tidak menimbulkan korosi terhadap boiler.

Hal yang dapat disarankan untuk penelitian selanjutnya adalah trial injeksi menggunakan bahan kimia yang lain pada *treatment* air umpan boiler dapat dilakukan untuk membandingkan efektivitasnya terhadap  $\text{NH}_3$  dalam meningkatkan pH air sesuai standar yang telah ditentukan dalam waktu yang cepat, efektif, dan efisien.

#### REFERENSI

- [1] D. F. Simatupang dan R. Ramadhani, "Penentuan Kebutuhan Injeksi Ammonia untuk Meningkatkan pH pada Air Umpan Boiler: Studi Kasus di PT XYZ Sumatera Utara," *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia*, vol. 1, no. 5, hal. 187–191, 2021.
- [2] D. Aprilia, "Penentuan Efisiensi Boiler Dengan Menggunakan Metode Langsung Di PT X Lumajang," *Jurnal Distilat Teknologi Separasi* vol. 7, hal. 421–426, 2021.
- [3] D. F. Simatupang, Y. Yuniarto, dan E. D. W. Sihaloho, "Analisa Kebutuhan Batu Bara pada Unit Dryer dalam Pengeringan Pupuk NPK di PT AGS Medan," *CHEESA: Chemical Engineering Research Articles*, vol. 4, no. 1, hal. 11, 2021.

- [4] Y. Amri dan T. Harmawan, "Analisis pH dan Kesadahan Total pada Air Umpan Boiler di PMKS PT SISIRAU Aceh Tamiang," *Jurnal Mekanova*, vol. 8, no. 1, 2022.
- [5] Budiyono dan S. Sumardiono, "Teknik pengolahan air," 2013.
- [6] S. Wilastari, T. N. Hidayat, dan P. B. Akpelni, "Pencegahan Kerak Dan Korosi Umpan Ketel Uap Di PG Mojo Sragen," *Jurnal Sains Teknologi Transportasi Maritim*, vol. 3, hal. 41-47, 2021.
- [7] Muryanto, "Validasi Metode Analisa Amonia pada Air Tanah Menggunakan Metode Spectrofotometri," *Indonesian Journal of Laboratory*, vol. 2, hal. 40-44, 2020.
- [8] M. Gova, "Penentuan Kadar Amonia (NH<sub>3</sub>) pada Limbah Cair K-34 dalam Rangka Pengendalian Pencemaran Lingkungan," *Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan*, vol. 2, hal. 22-26, 2019.
- [9] A. Sasongko, R. W. Nugroho, dan D. Mulyani, "Ammonia Determination In Bottled Water Using Spechtropotometer : Comparison Between Nessler and Berthelot Methods" *Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 7, hal 126-134, 2018.
- [10] K. Ngibad dan S. Pelayaran Ngelom, "Penentuan Konsentrasi Ammonium dalam Air Sungai Pelayaran Ngelom," *Jurnal Teknologi Ilmu laboratorium Medik*, vol. 2, hal. 37-42, 2019.
- [11] A. Maulizar, Masykur, dan J. Supardi, "Analisis pH, TDS, Total Hardness, Alkalinity, Dan Silica Pada Boiler Feed Water DI PT Sucofindo Perkebunan Kelapa Sawit Di Seunagan," *Jurnal Mekanova*, vol. 8, hal. 129-134, 2022.
- [12] M. Rahman, S. Dan, M. Sulaksmo, "Kelengkapan Pemenuhan Syarat Operator Ketel Uap Dengan Upaya Pengoperasian Dan Pemeliharaan Di PT Pupuk Kaltim (Studi Pada Operator Di Industri Kimia)," *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*, vol. 3, hal 201-211, 2014.
- [13] T. Setiadi dan F. T. Industri, "Pengolahan dan Penyediaan Air," 2007.
- [14] Setyawan S, Putra I, Putra A, Cahyono R, "Modifikasi Proses Pengolahan *Boiler Feed Water* (BFW) dari *All Volatile Treatment* (AVT) menjadi *Oxygenated Treatment* (OT) untuk Produksi Listrik Ramah Lingkungan," *Jurnal Rekayasa Proses*, vol. 3, hal 1-9, 2021.
- [15] Sahlan dan A. Razak, "Sistem Pengolahan Air Limbah Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) : Studi Kasus PLTU Muara Karang," *Jurnal Power Plant*, hal 61-78, 2019.