

## **Analisa Proses *Quenching* Terhadap Penurunan Kadar Air Pada Kokas dengan Menggunakan Metode *Six Sigma* di Pabrik Baja**

Wahyu Dharmawan<sup>1\*</sup>, Herry Agung Prabowo<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Magister Teknik Industri, Universitas Mercu Buana, Jakarta

\*Email korespondensi penulis: [wdharmawan72@gmail.com](mailto:wdharmawan72@gmail.com)

### **Abstrak**

Kokas merupakan material utama dalam proses produksi besi cair melalui metode blast furnace. Fungsinya tidak hanya sebagai bahan bakar, tetapi juga sebagai agen pereduksi dan pendukung permeabilitas gas dalam blast furnace. Salah satu permasalahan krusial dalam proses produksi kokas adalah tingginya kadar air setelah proses pendinginan (*quenching*). Kadar air yang berlebih dapat menyebabkan penurunan efisiensi panas di dalam blast furnace, peningkatan konsumsi energi, penurunan kualitas kokas, serta pemborosan biaya operasional secara keseluruhan. Oleh karena itu, diperlukan upaya sistematis untuk mengidentifikasi dan mengendalikan faktor-faktor yang memengaruhi kadar air kokas secara signifikan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variabel-variabel dalam proses *quenching* terhadap kadar air kokas, menggunakan pendekatan *Six Sigma* dengan metodologi DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control). Penelitian dilakukan di salah satu pabrik baja terkemuka di Cilegon, Banten. Data diperoleh dari hasil pengamatan dan pengukuran langsung di lapangan, kemudian dianalisis menggunakan perangkat lunak Minitab. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa tiga variabel utama, yaitu waktu *quenching* (*quenching time*), waktu penyemprotan (*spraying time*), dan penggunaan nozzle tambahan, memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kadar air kokas, dengan nilai  $P < 0,05$  berdasarkan uji ANOVA. Setelah tahap analisis, dilakukan perbaikan proses dengan pendekatan Design of Experiment (DoE) untuk menentukan kombinasi parameter optimal dalam proses *quenching*. Implementasi hasil perbaikan menunjukkan keberhasilan dalam menurunkan kadar air kokas secara konsisten. Selain itu, level sigma proses meningkat dari  $3,31\sigma$  menjadi  $4,04\sigma$ , yang menunjukkan peningkatan kapabilitas proses dan penurunan variasi. Dengan demikian, penelitian ini membuktikan bahwa penerapan pendekatan *Six Sigma* secara terstruktur dan berbasis data mampu meningkatkan efisiensi, mengurangi pemborosan, dan meningkatkan kualitas hasil produksi pada proses pembuatan kokas di industri baja.

**Kata Kunci:** *DMAIC, Kokas, Kadar Air, Quenching, Six Sigma*

### **Abstract**

*Coke is a crucial material in the production of hot metal through the blast furnace method. It serves not only as a fuel but also as a reducing agent and a structural medium that supports gas permeability in the furnace. One of the critical challenges in coke production is the high moisture content after the quenching process. Excessive raises operational costs. Therefore, a systematic approach is needed to identify and control the key process factors that significantly affect coke moisture content. This study aims to analyze the effects of quenching process parameters on coke moisture content using the Six Sigma approach with the DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) methodology. The research was conducted at a major steel plant located in Cilegon, Indonesia. Data was collected through direct field measurements and analyzed using Minitab statistical software. The results of statistical analysis showed that three main variables—quenching time, spraying time, and the use of additional nozzles—had a significant effect on moisture content, with P-values less than 0.05 based on ANOVA testing. In the improvement phase, the Design of Experiment (DoE) method was applied to determine the optimal combination of quenching parameters. The implementation of the optimized conditions led to a consistent reduction in moisture content and an increase in process sigma level from  $3.31\sigma$  to  $4.04\sigma$ , indicating improved process capability and reduced variation. This study demonstrates that the structured application of the Six Sigma methodology, supported by statistical tools and data-*

*driven decision-making, is effective in enhancing process efficiency, reducing waste, and improving product quality in the coke production process within the steel industry.*

**Keywords:** *Coke, DMAIC, Moisture Content, Six Sigma, Quenching*

## 1. Pendahuluan

Industri baja memiliki peran penting dalam pembangunan ekonomi suatu negara, salah satu indikasi suatu negara dikatakan maju adalah dengan melihat konsumsi baja di negara tersebut. Semakin besar nilai konsumsinya, maka negara tersebut bisa dikatakan sebagai negara maju. Menurut data World Steel 2020, konsumsi baja per kapita Indonesia masih terhitung rendah dibandingkan negara-negara di Asia Tenggara lainnya. Dari data tersebut, konsumsi baja per kapita Indonesia hanya mencapai 55,2 kilogram/tahun, yang mana hanya menempati urutan ke 6 di kawasan Asia Tenggara. Oleh karena itu pemerintah Indonesia mendorong industri baja dalam negeri agar terus berkembang.

Salah satu metode dalam pembuatan baja adalah menggunakan pabrik Blast Furnace (BF). Blast furnace adalah metode pembuatan besi cair dengan cara mereduksi sinter ore ( $Fe_2O_3$ ) dengan menggunakan kokas (coke) pada temperature  $> 15000C$ . Salah satu material terpenting dalam proses blast furnace adalah kokas (coke). Terdapat beberapa fungsi dari kokas diantaranya reduction agents, menjaga permeability di dalam blast furnace, dan menjadi sumber panas. Parameter dari kokas yang perlu diperhatikan adalah kadar air. Kadar air dalam kokas sangat dipengaruhi oleh proses pendinginan dengan menyemprotkan air atau yang disebut proses wet quenching. Proses quenching terbagi menjadi 2 tahap yaitu penyemprotan otomatis di quenching tower dan penyemprotan tambahan secara manual apabila masih ada kokas yang masih bersuhu tinggi.

Pada penelitian Sanjyot S.(2011) hanya berfokus untuk menurunkan deviasi dari hasil analisa kadar air dengan metode wet quenching. Sehingga masih banyak sekali ruang untuk improvisasi untuk mendapatkan metode terbaik dalam proses quenching. Selain dengan metode wet quenching, ada metode lain dengan menggunakan gas hidrogen yang disebut dengan dry quenching (Kohli.2014). Akan tetapi metode ini membutuhkan investasi dengan jumlah besar dan pengoperasian alat yang rumit.

Tujuan makalah ini adalah mencari metode yang paling optimal dalam proses wet quenching sehingga menurunkan kadar air dalam kokas serendah mungkin. Metode ini lebih murah dan mudah pengoperasiannya dibandingkan dengan metode dry quenching. Selain itu makalah ini dibuat juga untuk menambah literasi tentang proses quenching di pabrik baja secara umum yang berada di Indonesia.

## 2. Landasan Teori

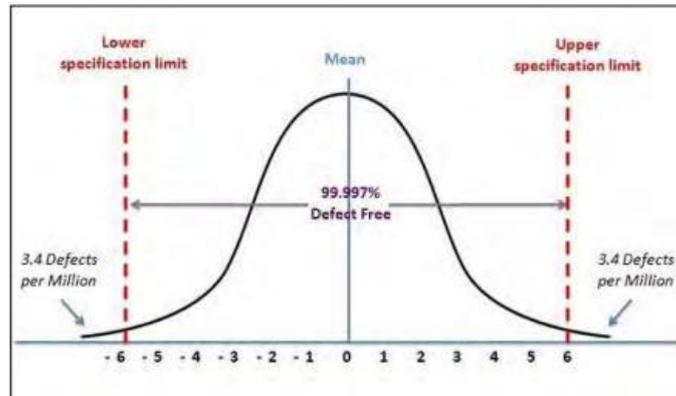
### 2.1 Konsep Pengendalian Kualitas

Ide awal dari makalah ini adalah meningkatkan kualitas produk kokas di pabrik baja. Kualitas sendiri adalah salah satu parameter yang sangat penting di suatu perusahaan. Sehubungan dengan perkembangan kualitas, para konsumen mulai menempatkan kualitas menjadi salah satu faktor penting ketika akan membeli suatu barang atau jasa. Menurut Goetsch & Davis (2014) kualitas adalah sebuah keadaan yang sangat dinamis yang erat hubungannya antara produk, jasa, manusia, proses dan lingkungan yang sesuai dengan harapan atau bahkan melebihi. Menurut Mitra (1998) dengan pengendalian kualitas ada beberapa keuntungan yang didapat diantaranya Perbaikan kualitas pada produk dan jasa, meningkatkan produktivitas sebuah perusahaan, dan menurunkan biaya produksi.

### 2.2 Konsep Dasar Six Sigma

*Six sigma* dapat diartikan sebagai sebuah tindakan atau usaha yang dilakukan secara berkelanjutan untuk mengurangi pemborosan, menurunkan variasi dan mencegah cacat pada produk yang dihasilkan. Dalam perspektif statistik, sigma adalah sebuah standar deviasi dinyatakan dengan sebuah nilai simpangan terhadap nilai tengah pada sebuah populasi. Dibutuhkan sebuah rentang nilai agar suatu proses dapat dinyatakan baik atau tidak. Rentang tersebut terdiri dari dua ambang batas, yaitu batas atas atau disebut dengan USL (*Upper Specification Limit*) dan batas bawah atau bisa disebut dengan (*Lower Specification Limit*). Apabila suatu produk memiliki spesifikasi diluar dari ambang batas disebut dengan *defect* (cacat). Secara statistik, *six sigma* dapat digambarkan pada gambar 1. Menurut Aprianto (2017),

*six sigma* terdiri dari lima langkah yang sering disebut konsep DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*).



Gambar 1. Kurva Sigma

### 2.3 Konsep Dasar Design Eksperimen

Dalam bidang statistik, eksperimen adalah salah satu cara yang dapat digunakan untuk melakukan sebuah percobaan. Eksperimen dilakukan untuk mengetahui atau memastikan bahwa perancangan suatu percobaan yang akan dilakukan telah memenuhi standar atau tidak. Eksperimen juga dilakukan untuk mencari faktor-faktor yang berpengaruh dalam sebuah rancangan percobaan. Menurut Sudjana (1997), Tujuan dari Design of Experiment adalah untuk mengetahui suatu proses dengan membandingkan beberapa faktor yang berpengaruh terhadap suatu proses tersebut serta untuk mengetahui faktor yang harus dikendalikan dalam proses produksi untuk mencegah failure. Tiga prinsip dasar dalam melakukan percobaan adalah Replikasi, Pengacakan, dan Blocking.

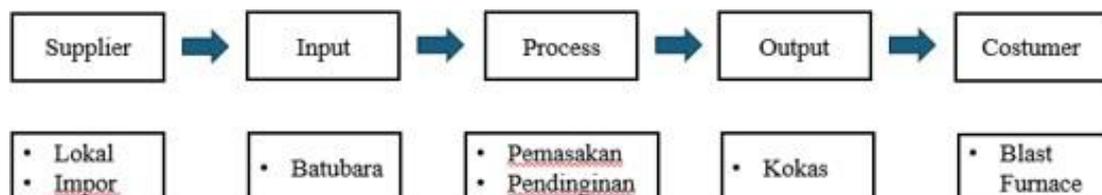
### 3. Metodologi

Secara garis besar, dalam penelitian ini menggunakan metode DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) gambar 3.



Gambar 2. Kerangka Konseptual

Tahap awal adalah dilakukan terlebih dahulu tahap identifikasi masalah, aktivitas yang dilakukan adalah dengan pengamatan langsung di lapangan dan melakukan diskusi dengan karyawan yang bekerja setiap hari di area yang bermasalah. Hasil dari pengamatan dan berdiskusi adalah perumusan masalah dari penelitian. Setelah itu, Dibuatlah diagram SIPOC digunakan untuk mengetahui aliran proses pembuatan kokas dari bahan baku batubara sampai menjadi kokas sehingga dari diagram tersebut dapat diketahui proses yang menyebabkan masalah utama tentang kadar air dalam kokas seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram SIPOC

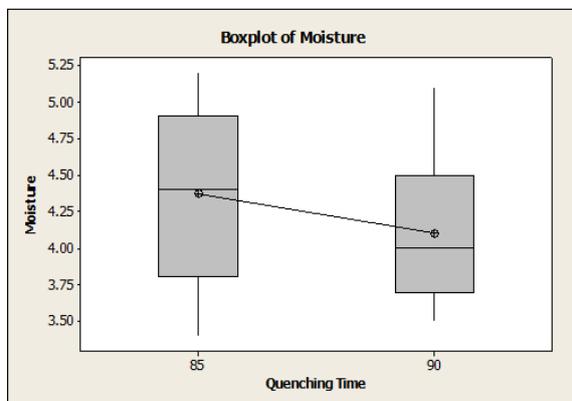
Setelah itu dilanjutkan pada tahap Measure dimana pada fase ini dilakukan pengukuran efek dari faktor-faktor yang berpengaruh terhadap perusahaan. Pada tahap measure kegiatan yang dilakukan adalah

pengambilan data, Perhitungan nilai performansi awal (DPMO, nilai sigma). Selanjutnya dilakukan tahap Analyze yang bertujuan untuk mencari P-value untuk semua faktor- faktor yang berpengaruh. Tujuannya adalah mengetahui faktor mana saja yang paling berpengaruh, yang dinilai dari nilai P-value. Apabila nilai dari P-value  $< 0,05$  maka faktor tersebut sangat berpengaruh pada kadar air dalam kokas, sebaliknya apabila P-value  $> 0,05$  maka faktor tersebut tidak berpengaruh. Hasilnya dari tahap ini adalah memilih faktor-faktor yang harus dilakukan improvement. Tahap Improvement akan digunakan metode design of experiment (DoE) dengan menggunakan parameter-parameter tertentu. Tujuannya adalah menentukan kegiatan improvement yang akan dilakukan dalam rangka untuk mengurangi defect yang ada.buku.

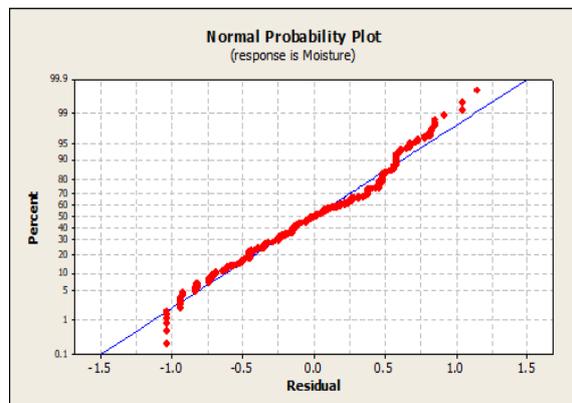
#### 4. Hasil dan Pembahasan

Beberapa faktor yang mempengaruhi kadar air dalam kokas adalah Quenching Time / lama waktu penyemprotan, Spraying Time / lama waktu penyemprotan manual, dan penggunaan nozzle tambahan. Data ini bisa dilihat dari P-Value  $< 0.05$  dengan menggunakan bantuan Minitab seperti gambar 4 dibawah ini.

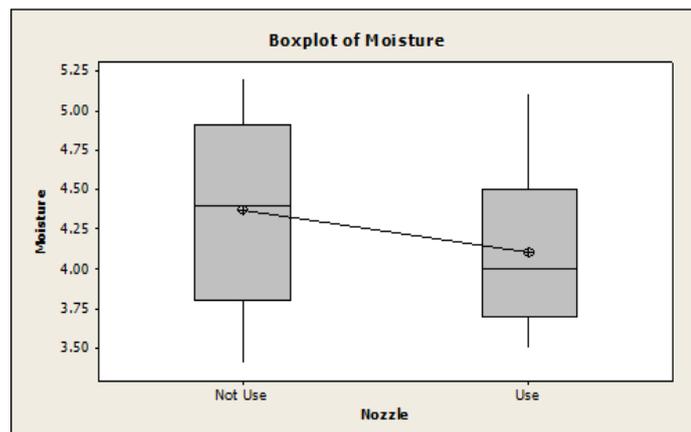
X1: Kadar Air Vs Quenching Time



X2: Kadar Air Vs Spraying Time



X3: Kadar Air Vs Nozzle



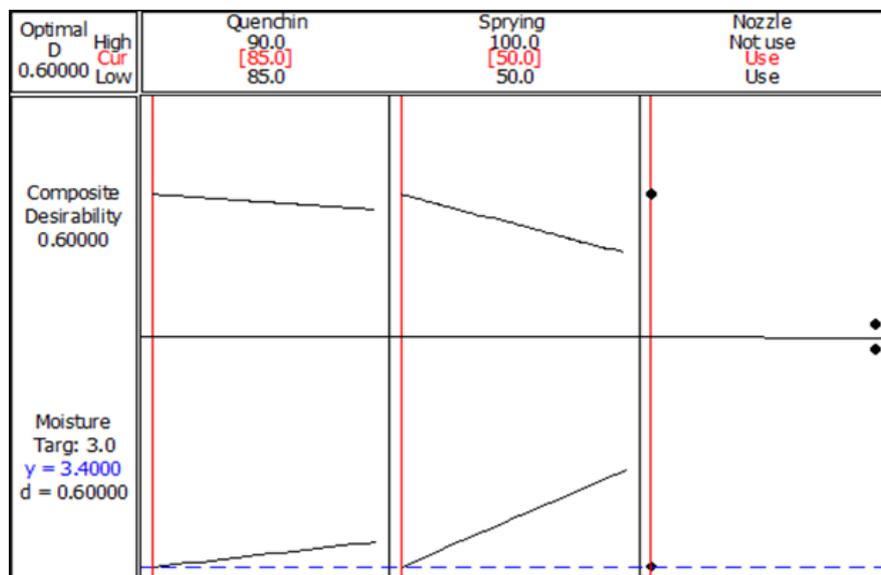
**Gambar 4.** Nilai P-Value untuk Tiap Faktor

Setelah mengetahui faktor apa saja yang berpengaruh, maka langkah selanjutnya yang harus diambil adalah bagaimana mencari solusi atas masalah tersebut. Pada penelitian kali ini akan digunakan metode Design of Experiment (DoE) dengan menganalisa data sebagai berikut: (1) Peneliti menggunakan data experiment sebagai berikut quenching time 85-90 detik, spraying time 50-100 detik, menggunakan atau tidak menggunakan nozzle dengan pengulangan beberapa kali. Hasil dari design ini bisa dilihat di tabel 1.

**Tabel 1. Design of Experiment**

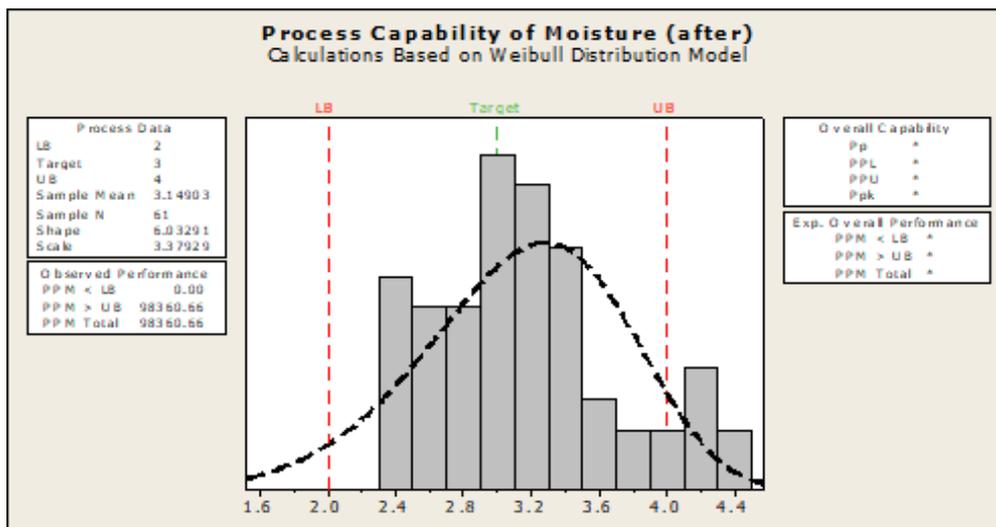
StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	Quenching time	Sprying time	Nozzle	Moisture
15	1	1	1	85	100	Not use	4.2
3	2	1	1	85	100	Use	3.4
22	3	1	1	90	50	Not use	4
4	4	1	1	90	100	Use	3.9
23	5	1	1	85	100	Not use	4.1
13	6	1	1	85	50	Not use	4
21	7	1	1	85	50	Not use	4.1
6	8	1	1	90	50	Not use	4
8	9	1	1	90	100	Not use	4.4
24	10	1	1	90	100	Not use	4.3
9	11	1	1	85	50	Use	3.5
16	12	1	1	90	100	Not use	4.1
10	13	1	1	90	50	Use	3.5
20	14	1	1	90	100	Use	3.7
19	15	1	1	85	100	Use	3.8
2	16	1	1	90	50	Use	3.4
18	17	1	1	90	50	Use	3.5
12	18	1	1	90	100	Use	3.5
7	19	1	1	85	100	Not use	4.4
14	20	1	1	90	50	Not use	4.1
11	21	1	1	85	100	Use	3.8
17	22	1	1	85	50	Use	3.4
1	23	1	1	85	50	Use	3.3
5	24	1	1	85	50	Not use	3.9

Tahap selanjutnya adalah membuat design eksperimen dari tabel diatas. Design dibuat menggunakan program Minitab.

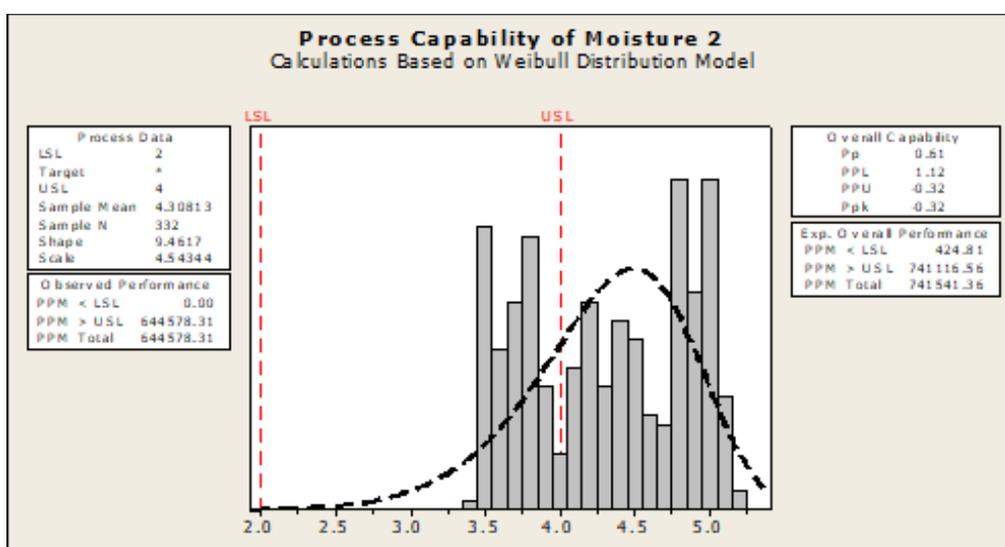


**Gambar 5. Desain Optimalisasi Untuk Tiap Faktor**

Gambar 6 merupakan hasil aplikasi dari model DoE yang dicatat selama 2 bulan berturut-turut. Meskipun sudah mengaplikasikan, masih ada beberapa data yang keluar dari batas atas. Namun ada perbaikan yang cukup signifikan dalam hal nilai sigma yang sebelum improvement  $3.31 \sigma \rightarrow 4.04 \sigma$ . Apabila dibandingkan sebelumnya gambar 7, terjadi perbaikan yang cukup signifikan.



Gambar 6. Hasil Kadir Air Setelah Dilakukan *Improvement*



Gambar 7. Hasil Kadir Air Sebelum Dilakukan *Improvement*

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di salah satu pabrik baja menggunakan metode Six Sigma dengan pendekatan DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control), dapat disimpulkan bahwa terdapat beberapa faktor signifikan yang memengaruhi kadar air dalam kokas. Faktor-faktor tersebut meliputi quenching time (lama penyemprotan pertama di quenching tower), spraying time (lama penyemprotan manual tambahan saat red coke ditemukan), dan penggunaan nozzle tambahan. Ketiga faktor ini terbukti secara statistik memiliki pengaruh signifikan terhadap kadar air, dengan nilai P-value < 0,05. Melalui eksperimen menggunakan metode Design of Experiment (DoE), diperoleh kombinasi parameter proses pendinginan yang optimal untuk menurunkan kadar air dalam kokas secara signifikan, yaitu quenching time selama 90 detik, spraying time selama 50 detik, dan penggunaan nozzle tambahan yang diaktifkan. Implementasi hasil perbaikan tersebut dalam skala nyata menunjukkan adanya penurunan rata-rata kadar air secara konsisten, serta peningkatan level sigma proses dari  $3,31\sigma$  menjadi  $4,04\sigma$ . Peningkatan ini mencerminkan peningkatan kapabilitas proses serta penurunan jumlah produk cacat (defect) secara signifikan.

Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa pendekatan Six Sigma dengan kombinasi metode DMAIC dan DoE dapat diterapkan secara efektif untuk mengidentifikasi, menganalisis, serta

mengendalikan faktor-faktor kritikal dalam proses produksi kokas. Pendekatan ini terbukti mampu meningkatkan kualitas proses, menurunkan kadar air, dan memberikan dampak langsung terhadap efisiensi operasional pada proses Blast Furnace di industri baja.

Berdasarkan hasil dan keterbatasan penelitian, berikut beberapa saran yang dapat dijadikan acuan untuk implementasi dan pengembangan lebih lanjut Standarisasi parameter proses pendinginan, Pelatihan operator perlu dilakukan agar pemahaman lebih ditingkatkan, Penelitian lanjutan disarankan untuk mengkaji faktor-faktor lain yang dapat menurunkan variasi kadar air.

### Daftar Pustaka

- Ambrose, P. (2020). Advancement in wet quenching processes of metallurgical coke. Bhilai Steel Plant.
- Borker, S. S., & Bandyopadhyay, P. K. (2011.). Better moisture control in coke manufacturing- a case study. Goa Institute of Management, Ribandar, Goa-403006, India.
- Filatov, Y. V., Kovlaev, E. T., Shulga, I. V., et al. (2011). Teoriya i praktika proizvodstva i primeneniya domennogo koksa uluchshennogo kachestva (Theory and practice of production and use of blast furnace coke of the best quality). Kyiv: Naukova Dumka.
- Gusak, V., Drozdnyk, I., Shmalko, V., & Kaftan, Y. (n.d.). Influence of coke quenching method on its reactivity. Ukraine.
- Kohli, J. S., Kumar, J., & Akhai, S. (2014). Boost to blast furnace performance: A perspective of coke cooling practice. Chandigarh, India.
- Medias, J., & Cordova, M. D. (2011). Non-recovery/heat-recovery-cokemaking: A review of recent developments [Conference paper]. Buenos Aires.
- Nur, M. H. (2016). Analisa numerik pengaruh ukuran kokas terhadap distribusi temperatur dan tekanan mini blast furnace (Skripsi Sarjana, Institut Teknologi Sepuluh Nopember). Surabaya: ITS Surabaya.
- Sharma, R., & Singh, A. K. (2010). Effect of rate of wet quenching on coke strength in stamp batteries at Tata Steels.
- Shulga, I. V., Miroshnichenko, I. V., Ryschenko, I. M., & Miroshnichenko, D. (2019). Moisture content of wet-quenched coke. *Koks i Khimiya*, Allerton Press Inc.
- Zhu, X. Y., Zhang, H., & Jiang, Z. G. (2020). Application of green-modified value stream mapping to integrate and implement lean and green practices: A case study. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 33(7), 716–731. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2019.1667028>