

LAPORAN PENELITIAN
PENGARUH KECEPATAN UDARA DAN JENIS MATERIAL BED
TERHADAP PROSES FLUIDISASI MENGGUNAKAN AIRCAP BELL-TYPE
INOVATIF PADA UJI DINGIN CFB BOILER



Disusun oleh :

DWI ZACKY AL KHOISI (3335200052)
MOCHAMAD NAUFAL ALAWIANSYAH (3335200101)

JURUSAN TEKNIK KIMIA – FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA CILEGON – BANTEN
2024

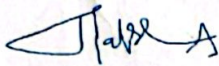
LAPORAN PENELITIAN
PENGARUH KECEPATAN UDARA DAN JENIS MATERIAL BED
TERHADAP PROSES FLUIDISASI MENGGUNAKAN AIRCAP BELL-
TYPE INOVATIF PADA UJI DINGIN CFB BOILER

disusun oleh:

DWI ZACKY AL KHOISI (3335200052)
MOCHAMAD NAUFAL ALAWIANSYAH (3335200101)

telah diperiksa dan disetujui oleh dosen pembimbing

Dosen Pembimbing I



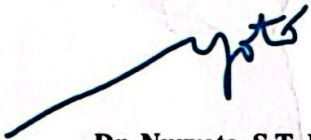
Hafid Alwan S.T., M.T
NIP. 199012132019031011

Dosen Pembimbing II



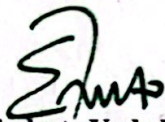
Prof. Dr.-Ing. Ir..Anton Irawan S.T M.T., IPM., Asean ENG
NIP. 197510012008011007

Dosen Penguji I



Dr. Nuryoto, S.T., M.T
NIP. 197609152006041007

Dosen Penguji II



Dr. Endarto Yuda W., ST., M.T
NIP. 197707092008121001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Heri Heriyanto, S.T., M.Eng
NIP. 197510222005011002

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Kami yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Dwi Zacky Al Khoisi
NIM : 3335200052
Fakultas : Teknik
Jurusan : Teknik Kimia

Nama : Mochammad Naufal Alwiansyah
NIM : 3335200101
Fakultas : Teknik
Jurusan : Teknik Kimia

Bahwasanya Tugas Akhir yang berjudul “ **Pengaruh Kecepatan Udara dan Jenis Material Bed Terhadap Proses Fluidisasi Menggunakan Aircap *Bell-type* Inovatif Pada Uji Dingin CFB Boiler**” adalah **ASLI** dirancang oleh kami, Dwi Zacky Al Khoisi dan Mochammad Naufal Alwiansyah.

Cilegon, 7 Februari 2025

A 10,000 Rupiah Indonesian postage stamp featuring the Garuda Pancasila emblem and the text 'SEPAJAU RIBU RUPIAH', '10000', 'METAL', and 'TEMPER'. The stamp is partially obscured by a large, stylized black ink signature.

Dwi Zacky Al Khoisi

A 10,000 Rupiah Indonesian postage stamp featuring the Garuda Pancasila emblem and the text 'SEPAJAU RIBU RUPIAH', '10000', 'METAL', and 'TEMPER'. The stamp is partially obscured by a large, stylized black ink signature.

Mochammad Naufal Alwiansyah

KATA PENGANTAR

Dengan segala kerendahan hati, penulis memanjatkan puji dan syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena berkat, rahmat, dan karunia-Nya, penulisan Proposal Penelitian yang berjudul PENGARUH KONDISI OPERASI PADA UJI DINGIN BOILER TERHADAP PROSES FLUIDISASI MENGGUNAKAN DESIGN AIRCAP BELL-TYPE INOVATIF dapat diselesaikan. Pembuatan proposal ini dibuat untuk melengkapi salah satu persyaratan Program Strata I pada Jurusan Teknik Kimia Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Penulis menyadari, berhasilnya studi dan penyusunan Laporan Penelitian ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak yang telah memberikan semangat, doa serta dukungan kepada penulis dalam menghadapi setiap kegiatan penelitian, sehingga pada kesempatan ini penulis mengucapkan rasa terima kasih kepada:

1. Kedua Orang Tua tercinta yang telah memberikan segala rasa cinta dan kasih sayang
2. Bapak Hafid Alwan, S.T., M.T & Prof, Dr. Ing. Ir. Anton Irawan S.T, M.T., IPM., AER selaku dosen pembimbing penelitian yang telah meluangkan waktu nya serta memberikan bimbingan
3. Bapak Dr. Heri Heriyanto, S.T, M.Eng. selaku dosen penguji
4. Rekan-rekan kami yang telah memberikan pertolongan baik bantuan langsung maupun tidak langsung.

Terakhir, penulis menyadari dalam penyusunan proposal ini masih terdapat kekurangan baik dari segi penulisan maupun kelengkapan informasi, untuk itu penulis berharap ada saran dan kritikan dari Pembaca semua agar penulis bisa lebih baik lagi dimasa yang akan datang

Cilegon, 02.01.2024

ABSTRAK

PENGARUH KONDISI OPERASI PADA UJI DINGIN BOILER TERHADAP PROSES FLUIDISASI MENGGUNAKAN DESIGN AIRCAP BELL TYPE INOVATIF

oleh :

DWI ZACKY AL KHOISI	(3335200052)
MOCHAMAD NAUFAL ALAWIANSYAH	(3335200101)

Circulating fluidized bed (CFB) boiler merupakan salah satu jenis pembakaran dari fluidized bed combustion. Fluidisasi adalah suatu operasi padatan granular fluida diubah seperti melalui kontak dengan gas atau cairan. Dalam kondisi terfluidisasi, butiran – butiran gaya gravitasi pada zat padat telah diimbangi oleh drag force fluida yang bekerja padanya. Tujuan dari penelitian ini adalah menginvestigasi efek perubahan kecepatan fluida (Primary flow) dengan menganalisa kurva karakteristik fluidisasi menggunakan aircap bell-type inovatif, menentukan nilai U_{mf} dan membandingkannya dengan hasil U_{mf} prediksi, serta mengevaluasi pengaruh penggunaan material bed yang berbeda pada kinerja fluidisasi menggunakan aircap bell-type inovatif. Metode percobaan pada penelitian ini adalah persiapan alat dan ruang fluidisasi, persiapan material bed dan percobaan cold-test di ruang fluidisasi. Adapun hasil yang didapatkan Fluidisasi terjadi pada partikel pasir silika di variasi ketinggian 30 cm dan 40 cm dan nilai U_{mf} sendiri berkisar 140 cm/s. Pada variasi batubara tidak terjadi fluidisasi di karenakan interlock antar partikel yang lebih tinggi karena bentuk partikel yang tidak teratur dan batubara terdapat pada grup d pada klasifikasi geldart.

Keyword : Aircap, Fluidisasi, Pasir silika, Batubara, CFB Boiler

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Percobaan.....	2
1.4 Ruang lingkup	2
BAB II.....	3
TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Fluidisasi	3
2.2 Jenis Fluidisasi	3
2.3 Tahapan Fluidisasi	5
2.4 Circulation Fluidized Bed (CFB) Boiler.....	8
2.5 Air Caps Type-bell.....	12
2.6 State of the art	13
BAB III	19
METODOLOGI PERCOBAAN	19
3.1 Tahap Penelitian.....	19
3.1.1 Diagram Alir Persiapan Alat dan Ruang Fluidisasi	19
3.1.2 Diagram Alir Persiapan Material Bed.....	20
3.1.3	19
3.2 Prosedur Percobaan.....	22
3.2.1 Diagram Alir Persiapan Alat dan Ruang Fluidisasi	22
3.2.2 Diagram Alir Persiapan Material Bed.....	22
3.2.3 Diagram Alir Percobaan Cold-Test di Ruang Fluidisasi	22
3.3 Alat dan Bahan.....	22
3.3.1 Bahan	22

3.3.2 Alat.....	23
3.4 Variabel Penelitian	24
3.5 Metode Pengumpulan dan Analisa Data	25
BAB IV	26
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
4.1 Karakteristik Material Bed.....	26
4.2 Kurva Karakteristik Fluidisasi Pasir Silika	27
4.3 Kurva Karakteristik Fluidisasi Batubara	30
4.4 Perbandingan Nilai Umf Experiment dan Prediksi	32
4.5 Perbandingan Aircaps Bell-Type innovative & Aircaps Bell-Type konvensional	35
BAB V.....	36
KESIMPULAN DAN SARAN.....	36
DAFTAR PUSTAKA	ix

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 State Of The Art.....	12
Tabel 4.1 Karakteristik material bed.....	18
Tabel 4.2 Perbandingan nilai U_{mf} Exp, dengan pers 3.1	35

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Jenis Jenis Fluidisasi	4
Gambar 2.2 Fenomena Proses Fluidisasi (a) Unggun Tetap (b) Unggun Gelembung (c) Unggun Slugging (d) Unggun Turbulen.....	4
Gambar 2.3 Unit Circulating Fluidized Bed (Basu, 2015).....	8
Gambar 2.4 Unit Cyclone Pada CFB (Lee et al., 2003).....	10
Gambar 2.5 Loop Seal Pada CFB (Basu & Butler, 2009)	11
Gambar 2.6 Permasalahan pada air caps type bell (a). Abrasi (b) penyumbatan lubang kecil (c). Menutupi kerusakan (d). Pecahnya tabung inti bagian dalam ...	12
Gambar 3.1 Diagram Alir Persiapan Alat dan Ruang Fluidisasi	4
Gambar 3.2 Diagram Alir Persiapan Material Bed.....	18
Gambar 3.3 Diagram Alir Percobaan Proses Fluidisasi Uji Dingin di CFB Boiler	19
Gambar 3.4 (a) Ruang Fluidisasi (b) cover tube aircaps (c) inner tube aircaps (d) Desain 3D air caps inovatif	22
Gambar 3.5 Rangkaian alat fluidisasi	22
Gambar 4.1 Kurva karakteristik fluidisasi pasir silika pada ketinggian (a) 30 cm (b) 40 cm (c) 50 cm.....	26
Gambar 4.2 Ekspansi material bed pada variasi (a) 30 cm (b) 40 cm	28
Gambar 4.3 Kurva karakteristik fluidisasi batubara pada ketinggian (a) 30 cm (b) 40 cm (c) 50 cm.....	31
Gambar 4.4 Kurva Karakteristik Fluidisasi Pasir Silika (a) 30 cm (b) 40 cm	34

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fluidisasi merupakan suatu operasi dimana partikel-partikel zat padat diperlakukan seperti fluida. Pada prosesnya partikel-partikel zat padat akan di kontakkan dengan fluida, apabila kecepatan fluida rendah maka unggun akan tetap diam karena fluida hanya akan melewati ruang antar partikelnya, sedangkan jika kecepatan fluida dinaikkan secara perlahan maka bed akan mulai bergerak.

Dalam bidang Industri sendiri suatu proses fluidisasi banyak digunakan seperti pada transportasi serbuk padatan, perpindahan panas, proses drying dan pada pembangkit listrik. Salah satu teknologi pembakaran menggunakan teknologi fluidisasi yaitu Circulating fluidized bed (CFB). CFB boiler adalah alat yang dapat menghasilkan uap dengan cara membakar bahan bakar fosil di dalam furnace. Aircap pada CFB boiler sering kali menimbulkan masalah seperti terjadinya erosi pada permukaan dan penyumbatan nozzle di aircap yang membuat terjadinya gangguan distribusi udara dari primary air (Mirek & Klajny, 2018). Untuk mengatasi hal tersebut perlu mengevaluasi rancangan atau desain aircap-nya (Basu, 2015). Selain itu berdasarkan Zhong Huang (2019), Studi Simulasi Eksperimental dan CFD pada aircap type-bell dari Boiler CFB memiliki masalah seperti abrasi, penyumbatan, keretakan. Untuk mengatasi permasalahan yang terjadi dilakukan uji cold-test dan simulasi numerik dengan menggunakan 2 aircap type-bell yang berbeda. aircap type-bell ini juga mempunyai masalah lain seperti blocking sehingga distribusi partikel zat padat akan terhambat dan bisa menyebabkan permasalahan baru ke komponen lain. Maka dari itu dilakukannya pengaruh kecepatan udara dan jenis material bed terhadap proses fluidisasi menggunakan aircap bell-type inovatif pada uji dingin CFB boiler agar didapatkan desain aircap yang dapat mengurangi permasalahan tersebut dan dapat mengoptimalkan kinerja dari CFB.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, masalah yang sering ditimbulkan dalam proses fluidisasi di CFB boiler menggunakan material bed berupa pasir silika dan batubara kalori rendah adalah erosi permukaan dan penyumbatan pada nozzle aircap. Optimalisasi proses fluidisasi di CFB boiler dapat dilakukan dengan merancang aircap jenis bell-type inovatif dan melakukan uji cold-test untuk melihat pengaruh pada variasi kecepatan udara dan jenis material bed yang berbeda terhadap performa fluidisasi, serta membandingkan aircap jenis bell-type inovatif dan konvensional terhadap pressure drop.

1.3 Tujuan Percobaan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah menginvestigasi efek perubahan kecepatan fluida (Primary flow) dengan membuat dan menganalisa kurva karakteristik fluidisasi menggunakan aircap bell-type inovatif, menentukan kecepatan fluida, menentukan nilai U_{mf} dan membandingkannya dengan hasil U_{mf} teori dengan eksperimen, serta mengevaluasi pengaruh penggunaan material bed yang berbeda pada kinerja fluidisasi menggunakan aircap bell-type inovatif.

1.4 Ruang lingkup

Ruang lingkup yang terdapat pada penelitian Aircap Terhadap Proses Circulating Fluidized Bed ini meliputi persiapan alat dan ruang fluidisasi, persiapan material bed, dan cold test ruang fluidisasi. Bahan yang digunakan adalah batubara kalori rendah (low rank coal) dan pasir silika (99%Si). Alat yang digunakan adalah ruang fluidisasi, Aircap bell-type innovative, blower, manometer digital, neraca digital, Anemometer, orifice, sieve shaker. Metode yang digunakan Uji cold test dan pengujian dilakukan rumah workshop teknologi.

DAFTAR PUSTAKA

- Winaya, Nyoman Suprpta. 2018. Teknik Fluidisasi Universitas Udayana. (1)1-8
- L. Li (2017) Hot test report of a 220t/hr CFB boiler before retrofit, Report submitted to Guang Dong Special Equipment Test and Research Institute.
- P. Mirek (2011) Designing of primary air nozzles for large-scale CFB boilers in a combined numerical–experimental approach, Chemical Engineering and Processing (50) 694-701.
- Y. Zhang, M. Zhang, S. Zhu, Y. Huang, B. Deng, X. Gao, X. Jiang, J. Lyu and H. Yang (2019) Mechanism analysis of gas solid flow non-uniformity problem of 330 MW CFB boiler, Chemical Engineering Research and Design (145) 258-267.
- P. Mirek and M. Klajny (2018) Air nozzle design criteria for protection against the backflow of solids in CFB boilers, Applied Thermal Engineering (141) 503-515.
- Yang, Shi *et al.* 2008. A transient method to study the pressure drop characteristics of the cyclone in a CFB system. 105-109.
- Anusorn dan Jiraroach Somjun. 2020. An investigation of performance of a conventional U type loop-seal for CFB reactors with side and bottom aerations (163) 58-66.
- Chinsuwan, Anusorn. 2021. A mathematical model for predicting the flow behavior through a CFB reactor U type loop – seal.
- Karagoz, Irfan dan Atakan Avci. 2005. Modelling of the Pressure Drop in Tangential Inlet Cyclone Separators. 39 : 857-865.
- Kristiantana, K., Rohmat, T. A., & Yogyakarta, J. G. (2013). *Pengaruh Tinggi Bed Terhadap Kecepatan Minimum Fluidisasi dan Distribusi Temperatur Dalam Fluidized Bed Combustor*. x, 23–24.
- Zulnazri, Z., Hakim, L., & Zikki, M. A. (2020). Menghitung Pressure Drop pada Fluidized Bed dengan Bahan Ketumbar. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 8(2), 89. <https://doi.org/10.29103/jtku.v8i2.2684>

- Islam, Md.T. and Nguyen, A.V. (2021) ‘Effect of particle size and shape on liquid–solid fluidization in a hydrofloat cell’, *Powder Technology*, 379, pp. 560–575. doi:10.1016/j.powtec.2020.10.080.
- Muhammad Agung Indra Iswara. (2016). THE STUDY OF FLUIDIZATION COMBUSTION POLYDISPERSE COAL IN THE FLUIDIZED BED USING NUMERIC APPROACH BASED OF CFD SIMULATION. Jurnal Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- Basu, P. (2015). Circulating fluidized bed boilers: Design, operation and maintenance. In *Circulating Fluidized Bed Boilers: Design, Operation and Maintenance*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-06173-3>
- Basu, P., & Butler, J. (2009). Studies on the operation of loop-seal in circulating fluidized bed boilers. *Applied Energy*, 86(9), 1723–1731. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2008.11.024>
- Genehr, G. A., da Silva, Á. R. S., Zinani, F. S. F., & Indrusiak, M. L. S. (2020). Fluidization of binary mixtures of biomass and coal with sand: an experimental study. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 42(6), 1–13. <https://doi.org/10.1007/s40430-020-02380-9>
- Lee, J. M., Kim, J. S., & Kim, J. J. (2003). Evaluation of the 200 MWe Tonghae CFB boiler performance with cyclone modification. *Energy*, 28(6), 575–589. [https://doi.org/10.1016/S0360-5442\(02\)00155-X](https://doi.org/10.1016/S0360-5442(02)00155-X)
- Arjunwadkar, A., Basu, P., & Acharya, B. (2016). A review of some operation and maintenance issues of CFBC boilers. *Applied Thermal Engineering*, 102, 672–694. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.04.008>
- Basu, P. (2015). Circulating fluidized bed boilers: Design, operation and maintenance. In *Circulating Fluidized Bed Boilers: Design, Operation and Maintenance*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-06173-3>

- Cocco, R., & Chew, J. W. (2023). 50 years of Geldart classification. *Powder Technology*, 428(May), 118861. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2023.118861>
- Bi, H. T., & Grace, J. R. (1995). Flow regime diagrams for gas-solid fluidization and upward transport. *International Journal of Multiphase Flow*, 21(6), 1229–1236. [https://doi.org/10.1016/0301-9322\(95\)00037-X](https://doi.org/10.1016/0301-9322(95)00037-X)
- Mirek, P., & Klajny, M. (2018). Air nozzle design criteria for protection against the backflow of solids in CFB boilers. *Applied Thermal Engineering*, 141, 503–515. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2018.06.006>