

# ANALISA EFEKTIVITAS ALAT PENANGGULANGAN DEBU PADA JALUR PENANGANAN BATUBARA DI PLTU PULANG PISAU

Sofiyannf22@gmail.com, Sobar Ihsan<sup>2</sup>, Muhammad Firman<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kalimantan Muhammad Arsyad Al Banjari Banjarmasin, 19620203

<sup>2</sup>Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kalimantan Muhammad Arsyad Al Banjari Banjarmasin, 061508785

<sup>3</sup>Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kalimantan Muhammad Arsyad Al Banjari Banjarmasin, 197202262005011003

sofiyannf22@gmail.com

## Abstrak

Tingginya kadar debu batubara di *coal handling facility* PLTU Pulang Pisau akibat pemakaian batubara jenis *low range* yang berpotensi terjadinya kebakaran dan gangguan kesehatan terhadap pekerja. *Dust suppression system* eksisting tipe *wet spray* tidak dapat dioperasikan karena kondisi batubara yang sudah lembab dimusim penghujan. Selanjutnya untuk mengoptimalkan reduksi debu batubara dilakukan *redesign dust suppression system* dari tipe *prevention* (pembasahan batubara) menjadi tipe *fog spray dust suppression system* (metode penggumpalan debu) dengan tujuan meminimalisir penggunaan air, produksi air limbah tetapi tetap efektif mereduksi debu batubara. Sistem ini menghasilkan kabut air (*fog*) dari *nozzle* khusus yang menyalurkan dua jenis fluida secara bersamaan yaitu air dan udara sehingga terbentuklah kabut air dari percampuran dua fluida ini sehingga reduksi debu batubara dapat berlaku efektif tetapi kadar kelembapan batubara tidak naik terlalu tinggi. *Dust suppression system* tipe ini mampu mengendalikan dan mengurangi debu batubara secara efektif yang ditunjukkan oleh penurunan kadar partikulat PM<sub>2.5</sub> dan PM<sub>10</sub> dalam udara ambien yang semula terukur 105  $\eta\text{g}/\text{m}^3$  dan 282,6  $\eta\text{g}/\text{m}^3$  menjadi 7,8  $\eta\text{g}/\text{m}^3$  dan 19,4  $\eta\text{g}/\text{m}^3$ . Kenaikan nilai moisture batubara sebesar 2,33% dengan kadar maksimum yang diijinkan masuk ke dalam boiler sebesar 40%. Pemakaian air dapat direduksi hingga 5,76 m<sup>3</sup>/hari serta tidak menimbulkan air limbah.

**Kata kunci:** *dust suppression system, low range coal, debu.*

## Latar Belakang

PLTU Pulang Pisau menggunakan batubara dengan jenis *low rank coal*. Batubara jenis ini mempunyai keunggulan ketersediaan pasokan dalam jangka waktu yang panjang. Berdasarkan sifat karakteristik *porosity*nya menyebabkan *low rank coal* mudah pecah dan ditambah dengan adanya proses penghancuran (*crushing*), proses perpindahan (*transfer*), proses tumbukan (*impact*) ataupun karena

terkena dampak angin (*wind impact*) menyebabkan *low rank coal* mudah menjadi debu sehingga menyebar dan terjadi penumpukan debu di area yang sulit dijangkau personil kebersihan rutin sehingga dapat mengakibatkan kebakaran serta pencemaran lingkungan, sebagai bahan bakar di pembangkit listrik batubara tipe ini mulai dari awal kedatangan yaitu proses pembongkaran yang dimulai dari *coal jetty* melalui *conveyor system*, proses

penimbunan di *coal yard* dan proses pemecahan (*crushing*) saat akan dipindahkan ke *coal bunker* berdampak pada permasalahan penanganan debu. Pada kondisi musim penghujan alat penanggulangan debu batubara (*dust suppression system*) eksisting tidak dapat dioperasikan karena kondisi batubara yang sangat lembab. Kondisi batubara yang lembab dapat menyebabkan *plugging* di *chute* jalur *loading* batubara. Kondisi ini menyebabkan area *coal handling system* memiliki resiko seperti kebakaran dan pencemaran udara, khususnya di area *belt conveyor* tiga setelah proses *crushing*. Di area ini sangat rawan kebakaran yang disebabkan *self combustion* tumpukan debu yang tidak dapat dijangkau petugas kebersihan rutin yang mengakibatkan kerugian dan dapat menyebabkan terganggunya *supply* batubara yang digunakan untuk operasi unit pembangkit.

Dari uraian diatas, dilakukan analisa epektifitas peralatan penanggulangan debu batu bara atau yang dikenal dengan *dust suppression* pada area penanganan batu bara (*coal handling facility*) di PLTU Pulang Pisau serta memberikan rekomendasi dari pemasangan serta desain *dust suppression* yang efektif agar debu dapat diminimalisir. Dengan desain serta pemasangan *dust suppression system* yang tepat maka potensi kenaikan kelembaban batubara, potensi kebakaran, pencemaran udara ambien dan kerusakan alat yang disebabkan penumpukan debu batubara di area *coal handling facility* di PLTU Pulang Pisau dapat diminimalisir dan kinerja PLTU dalam membangkitkan tenaga listrik dapat dipertahankan secara optimal.

## **Tinjauan Pustaka**

### **Batubara**

Batubara terbuat dari batuan sedimentasi atau endapan material-material organik seperti sisa-sisa tumbuhan yang mudah terbakar. Batubara terjadi karena adanya proses alami berupa tekanan dan pemanasan yang cukup lama di dalam bumi.

Pembentukan batubara di dalam bumi ini dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain tekanan, panas dan waktu. Proses pembentukan batubara menimbulkan perbedaan karakter dari berbagai macam batubara yang terbentuk, sehingga dibagi menjadi beberapa jenis atau kelas batubara yaitu lignit, sub-bituminus, bituminus dan antrasit.

### **Debu**

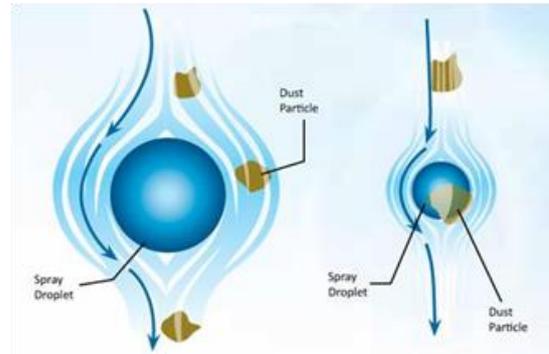
Debu atau *dust* merupakan partikel padat berukuran sangat kecil dan dibawa oleh udara yang dihasilkan oleh proses mekanisme seperti penghancuran, pelembutan, pengepakan yang cepat, peledakan, pengolahan dan lain-lain dari bahan organik dan anorganik, seperti debu kayu, logam, arang batu, batu, butir-butir zat dan sebagainya (Barker et al., 2002).

Ukuran dari debu batubara yang dihasilkan dari suatu proses penambangan batubara sangatlah bervariasi, mulai dari yang paling kecil tidak terlihat dengan mata telanjang sampai dengan ukuran yang bisa terlihat dengan mata telanjang. Ukuran partikel debu yang cukup besar akan menempel pada permukaan benda atau jatuh kebawah (terbang sementara diudara) dan ukuran partikel debu batubara yang lebih kecil akan terbang serta tersuspensi diudara bebas.

## Dust Suppression

*Dust suppression* digunakan untuk menghasilkan butiran air untuk menangkap debu batubara. Pada alat ini terdapat *spray nozzle* yang dikategorikan berdasarkan jenis metode atomisasi yang digunakan dan oleh kemampuan *spray* yang diproduksi. *Spray nozzle* yang paling umum digunakan adalah yang menghasilkan kerucut penuh, kerucut berongga, bulat, atau pola kipas datar. *Nozzle* atomisasi udara (yang menggunakan udara tekan) biasanya digunakan untuk menghasilkan pola *spray* kipas bulat atau datar, sedangkan *nozzle* atomisasi hidraulik biasanya digunakan untuk menghasilkan pola semprot kerucut penuh atau berongga, namun beberapa nozel atomisasi hidraulik juga dapat menghasilkan pola *spray* kipas datar. Dalam menentukan pemilihan jenis *nozzle* melalui pertimbangan beberapa faktor yaitu kapasitas (*flowrate*), tekanan yang bekerja (*operating pressure*), bentuk *spray* (*spray pattern*), sudut *spray* (*spray angle*), cairan yang digunakan, ukuran butiran (*droplets*) cairan yang dihasilkan, material *nozzle* (kondisi lingkungan kerja).

Efisiensi suatu *spray dust suppression* dapat dilihat dari efektifitas penangkapan partikel debu oleh butiran air. Angin akan melewati butiran air dengan kecepatan relatif terhadap *droplet*. Ketika *water droplet* memiliki ukuran yang lebih besar, maka jalur aliran angin akan berbelok disekitar *droplet* sehingga debu tidak akan tertangkap. Sedangkan untuk *water droplet* yang berukuran sama atau lebih kecil dari partikel debu akan bertabrakan dan tertangkap karena lebih dekat terhadap pusat gerakan seperti pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Aerodynamic water droplet

Dalam perancangan dust suppression perlu diperhatikan *friction head* ( $h_f$ ) yang merupakan *head* yang dibutuhkan untuk mengatasi tahanan aliran dalam pipa dan sambungan sehingga atomisasi air dapat terbentuk. Adapun *head loss* yang mempengaruhinya sebagai berikut:

1. Kerugian gesek pada pipa lurus ( $h_f$ )

$$h_f = \frac{10,666 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,85}} \times L$$

Dimana:

C = Harga coefficient pipa

L = Panjang pipa (m)

Q = Kapasitas (m<sup>3</sup>/sec)

D = Diameter pipa (m)

2. Kerugian gesek akibat katub ( $h_{f3}$ )

$$h_{f3} = f_v \frac{v^2}{2g}$$

Dimana:

$f_v$  = Harga coefficient gesek pipa katub dengan saringan

v = Velocity at periphery of impeller (m/sec)

g = Percepatan gravitasi (m/sec<sup>2</sup>)

3. Kerugian gesek pada percabangan ( $h_{f4}$ )

$$h_{f4} = f_p \frac{v^2}{2g}$$

Dimana:

$f_p$  = Harga coefficient gesek pipa akibat percabangan

4. Kerugian gesek akibat belokan 90° ( $h_{f5}$ )

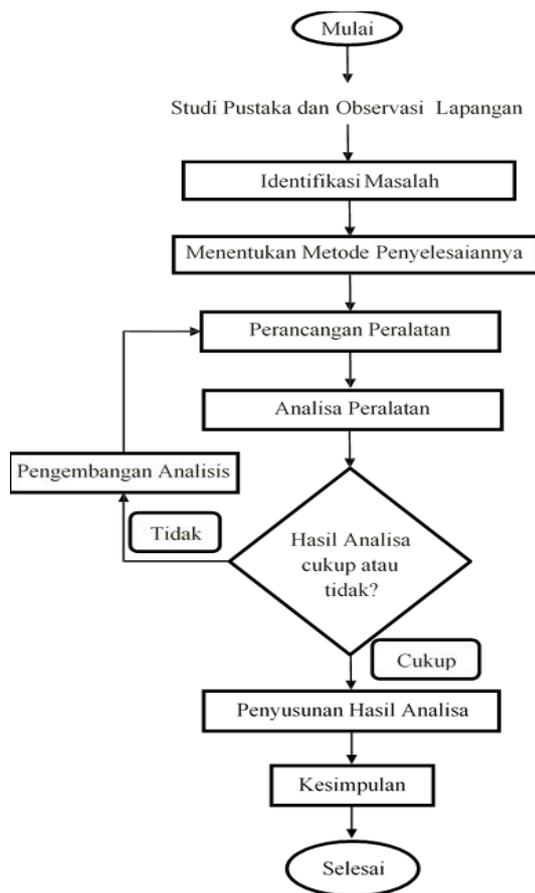
$$h_{f5} = f_b \frac{v^2}{2g}$$

Dimana:

$f_b$  = Harga coefficient gesek pipa akibat belokan 90°

### Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian dust suppression ini ditampilkan pada gambar 2 sebagai berikut.



Gambar 2. Alur Penelitian

### Hasil dan Pembahasan

#### Hasil Perancangan

Berdasarkan dari hasil perencanaan, perhitungan, dan perancangan pada bab sebelumnya, maka dihasilkan spesifikasi komponen-komponen berikut:

Tabel 1. Komponen dust suppression

No.	Komponen	Spesifikasi
1.	Pompa	Pressure 130 PSI, Capacity 10–12 L/menit
2.	Kompresor	Max press 0,8 Mpa, Capacity 90 L/menit, Air tank 24 Liter, Power 1 HP
3.	<i>Dust suppression</i>	Jarak <i>nozzle</i> 300mm, Jumlah <i>nozzle</i> 4 ea, Bahan Rangka <i>cast iron</i>

### Hasil Pengujian

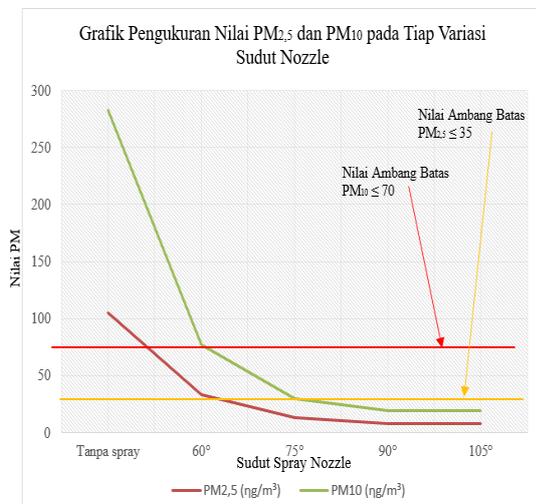
Pengujian kandungan PM<sub>2.5</sub> dan PM<sub>10</sub> dalam udara ambien dilakukan sebanyak lima kali. Pengujian pertama dilakukan tanpa mengoperasikan *dust suppression*, pengujian yang selanjutnya dengan pengaturan sudut *spray dust suppression* 60°, 75°, 90° dan 105°. dengan hasil terdapat pada tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Hasil pengujian pertama

No	Pengambilan Data	PM <sub>2.5</sub> (ng/m <sup>3</sup> )	PM <sub>10</sub> (ng/m <sup>3</sup> )
1.	Data ke – 1 (tanpa pengoperasian <i>dust suppression</i> )	70	149
		56	119
		71	172
		151	415
		177	558
2.	Data ke - 2 (pengoperasian pada sudut 60°)	13	29
		65	155
		33	74
		32	72
3.	Data ke – 3 (pengoperasian pada sudut 75°)	24	55
		13	27
		17	39
		15	34
4.		14	30
		9	20
		9	24
		8	19

	Data ke – 4 (pengoperasian pada sudut 90°)	9	25
		5	12
5.	Data ke – 5 (pengoperasian pada sudut 105°)	8	20
		9	20
		6	12
		6	16
		13	30

Dari hasil yang didapat dari lima kali pengujian, apabila dirata-rata maka didapatkan hasil seperti pada grafik dibawah ini (gambar 3).



Gambar 3. Grafik pengukuran nilai PM<sub>2,5</sub> dan PM<sub>10</sub> pada tiap variasi sudut *nozzle* terhadap nilai ambang batas udara ambien

Dari rata rata lima kali pengujian pada tiap sudut *spray nozzle*, maka di peroleh sudut *spray* yang paling efektif menurunkan nilai PM<sub>2,5</sub> dan PM<sub>10</sub> yakni sudut 90°.

### Pengaruh *Spray Dust Suppression* Terhadap Nilai *Moisture* Batubara

Pada pengujian kandungan PM<sub>2,5</sub> dan PM<sub>10</sub> dalam udara ambien yang telah dilakukan didapatkan nilai sudut pengoperasian *nozzle dust suppression*

yang paling efektif yaitu 90°, selanjutnya dilakukan pengujian pada sudut ini terhadap nilai *moisture* batubara.

Tabel 3. Hasil pengujian nilai *moisture* batubara sebelum pengoperasian *dust suppression*

No	Batubara	Moisture (%)
1.	Sample uji ke – 1	34,78
2.	Sample uji ke – 2	33,43
3.	Sample uji ke – 3	32,76
4.	Sample uji ke – 4	33,93
5.	Sample uji ke – 5	33,60
Rata-rata		33,70

Tabel 4. Hasil pengujian nilai *moisture* batubara dengan pengoperasian *dust suppression* pada sudut *nozzle* 90°

No	Batubara	Moisture (%)
1.	Sample uji ke – 1	36,14
2.	Sample uji ke – 2	35,43
3.	Sample uji ke – 3	37,07
4.	Sample uji ke – 4	36,11
5.	Sample uji ke – 5	35,39
Rata-rata		36,03

Dari hasil pengambilan data yang telah dilakukan, dapat dilihat bahwa dengan pengoperasian *dust suppression* pada sudut 90°, nilai *moisture* rata-rata pada batubara terukur 36,03%. Jika dibandingkan dengan hasil pengujian sebelum pengoperasian *dust suppression* terdapat kenaikan *moisture* batubara sebesar 2,33%.

### Pengaruh *Dust Suppression* Terhadap Pemakaian Air

Desain *dust suppression* yang baru dirancang untuk mengurangi pemakaian air saat pengoperasian *dust suppression*, hal ini dilakukan dengan tujuan mengurangi nilai *moisture* batubara saat *dust suppression*

dioperasikan. Selain itu dimaksudkan untuk menghemat penggunaan air sehingga penurunan biaya produksi air dapat dilakukan. Berikut perbandingan penggunaan air pada pengoperasian *dust suppression* eksisting dengan *prototipe dust suppression*, seperti gambar di bawah ini.



Gambar 4. Grafik pemakaian air

### Pengaruh *dust suppression* terhadap produksi air limbah

Desain *dust suppression* yang baru menggunakan air yang disemprotkan langsung ke jalur *conveyor* batubara dengan jarak yang sudah diperhitungkan, dengan desain seperti ini air yang disemprotkan ke batubara akan langsung menangkap debu batubara dan jatuh ke *belt conveyor* sehingga tidak menimbulkan cecceran air ke area jalur loading. Sedangkan *dust suppression* eksisting didesain untuk mereduksi debu batubara dengan sistem *wet spray* dengan jarak yang cukup jauh dari media batubara yang akan direduksi debu nya, sehingga sistem seperti ini menyebabkan produksi air limbah yang bercecceran di sekitar jalur loading.

Tabel 5. Tabel perbandingan produksi air limbah

No	Parameter	Eksisting	Prototipe
1.	Produksi Air	25 m³/jam	Tidak menimbulkan air limbah

Dari hasil pengambilan data diatas, dapat dilihat bahwa dengan pengoperasian *dust suppression* eksisting menyebabkan produksi air limbah sebesar 25 m³/hari dengan rata-rata loading batubara dalam sehari untuk operasi satu unit pembangkit selama 1 jam per hari sedangkan untuk prototipe *dust suppression* tidak menimbulkan air limbah karena air yang disemprotkan langsung mengikat debu batubara yang berada di area *belt conveyor*.

### Kesimpulan

Berdasarkan seluruh proses perencanaan, perancangan, serta pengujian *dust suppression system* dengan menggunakan fluida campuran air dan udara yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa, dari hasil pengujian *dust suppression system*, diperoleh sudut *nozzle* yang paling efektif mereduksi debu batubara yakni sudut 90°. Pada sudut ini, *dust suppression system* mampu menurunkan nilai PM<sub>2.5</sub> hingga sebesar 7,8 ηg/m³ dan PM<sub>10</sub> hingga sebesar 19,4 ηg/m³. Nilai ini berada dibawah nilai ambang batas PM<sub>2.5</sub> ≤ 35 ηg/m³ dan PM<sub>10</sub> ≤ 70 ηg/m³, sehingga durasi pembersihan debu dapat berkurang serta resiko kebakaran dan paparan debu batubara terhadap pekerja menjadi rendah.

Sedangkan hasil uji rata-rata untuk *moisture* batubara sebelum pengoperasian *dust suppression system* sebesar 33,70%. Setelah dilakukan pengoperasian *dust suppression system* nilai *moisture* batubara menjadi 36,03%, nilai ini masih dibawah nilai maksimum *moisture* batubara yang diijinkan masuk kedalam boiler sebesar 40%. Dari hasil nilai pengujian tersebut didapat kenaikan nilai *moisture* batubara sebesar 2,33%, kenaikan tersebut dinilai sangat kecil dan tidak terlalu berdampak terhadap *moisture* batubara sehingga

*plugging* akibat batu bara lembab dapat dicegah.

Dari hasil redesain ini didapatkan, untuk pemakaian air dari *prototipe dust suppression* lebih kecil dibandingkan dengan *dust suppression* eksisting, penghematan pemakaian air yang didapatkan sebesar 17,53 m<sup>3</sup>/hari dan dari hasil uji redesain *dust suppression* ini tidak menimbulkan air limbah.

## Referensi

- Arvidson, M. (2009). *Water distribution tests using different water spray nozzles*. In SP Technical Research Institute of Sweden.
- Barker, C. E., Dallegge, T. A., & Clark, A. C. (2002). *USGS coal desorption equipment and a spreadsheet for analysis of lost and total gas from canister desorption measurements*. U.S. Geological Survey, 1–13. [https://doi.org/Open-File Report 02-496](https://doi.org/Open-File%20Report%2002-496)
- Brotowati, S., & Sofia, I. (2018). *Peningkatan Kualitas Batubara Subbituminus Mallawa*. *Intek*, 5(1), 34–38.
- Cecala, A. B., O'Brien, A. D., Schall, J., Colinet, J. F., Fox, W. R., Franta, R. J., Joy, J., Reed, W. R., Reeser, P. W., Rounds, J. R., & Schultz, M. J. (2012). *Dust Control Handbook for Industrial Minerals Mining and Processing*. Department of Health and Human Services Centers for Disease Control and Prevention National Institute for Occupational Safety and Health Office of Mine Safety and Health Research Pittsburgh, PA • Spokane, WA. [https://doi.org/No. 2012–112](https://doi.org/No.2012-112)
- Chaudhari, K., Kulshreshtha, D., & Channiwala, S. (2013). *Design and Experimental Investigation of 60° Pressure Swirl Nozzle for Penetration Length and*. *Engineering & Technology*, 5(2), 76–84.
- Enjiniring, P., Kantor Pusat, P. P. (Persero), & Institute, H. E. P. D. (2012). *Detail Desain General Description and Volume Contents Thermal Mechanical Part: Vol. C (Volume I)*.
- Ifa, L., Firdaus, F., Faisal, F., & Sarmanto, D. (2019). *Pengaruh Ukuran Partikel pada Analisis Moisture Batubara Jenis Low Rank Coal*. *Jurnal Geomine*, 7(2), 87–91. <https://doi.org/10.33536/jg.v7i2.329>
- Liu, Y., Nie, W., Jin, H., Ma, H., Hua, Y., Cai, P., & Wei, W. (2018). *Solidifying Dust Suppressant Based on Modified Chitosan And Experimental Study On Its Dust Suppression Performance*. *Adsorption Science and Technology*, 36(1–2), 640–654. <https://doi.org/10.1177/0263617417713624>
- Pasymi. (2008). *Batubara (jilid 1)* (B. H. U. Press (ed.); Pertama, Issue February). Bung Hatta University Press.
- Pradana, Sulo, B. D., & Minto, B. (2011). *Automatisasi Waterspray untuk Mengurangi Debu pada Proses Transport Batubara Berbasis PLC di PT. Semen Indonesia ( Persero ) Tbk . Science Electro*, 6(2), 23–30.
- Sony, M. M., & Suhandini, Y. (2018). *Implementasi Hi-Pressure Fog Spray Dust Suppression System Di PLTU Paiton* 9. 8(1), 39–43.
- Sularso, & Haruo, T. (2000). *Pompa dan Kompresor (ketujuh)*. PT Pradnya Paramita.
- Supine, T., & Walter, M. (2012). *How to Make Sure Your Dust Collection System Complies with Combustible Dust Standards How to Make Sure Your Dust Collection System Complies with Combustible Dust Standards*.
- Zhou, G., Fan, T., Xu, M., Qiu, H., Wang, J., & Qiu, L. (2018). *The development and characterization of a novel coagulant for dust suppression in open-cast coal mines*. *Adsorption Science and Technology*, 36(1–2), 608–624. <https://doi.org/10.1177/0263617417711025>