

Rancang Bangun Inovasi Alat Pembersih Lubang Vacuum Flutting Mesin Corrugator BHS

Shanti Kumbarasari¹*Anwar Muchtarom¹, M. Afrizan Hakim¹

¹Mesin Industri, Politeknik Industri ATMI, Cikarang Bekasi Jawa Barat, 17520, Indonesia

*Email Corresponding Author: shanti_kumbarasari@polinatmi.ac.id

ABSTRAK

Kemasan merupakan pembungkus produk agar kualitas, performa produk dapat terjaga. Salah satu kemasan yang digunakan yaitu jenis *corrugated box*. *Corrugated box* berbahan baku kertas bergelombang (*corrugated fiberboard* atau *flute*). Kemasan *corrugated box* terdiri dari satu atau lebih lapisan kertas *brown kraft* dan kertas perantara yaitu kertas bergelombang. Pembuatan pencetakan kertas *corrugated box* pada penelitian ini menggunakan mesin *corrugator* BHS, dimana untuk mencetak permukaan bergelombang menggunakan media lem yang dipanaskan mencapai 180°C yang dinamakan proses *flutting*. Proses *flutting* ini memberikan efek sisa-sisa serpihan kertas dan lem yang menempel pada lubang *vacuum flutting* mesin *corrugator*. Selama ini pembersihan serpihan kertas dan lem menggunakan kunci L yang membutuhkan waktu 5 jam 25 menit untuk 16 lubang berdiameter 20 mm dengan panjang 2700 mm. Agar proses pembersihan lubang lebih cepat dan efektif maka diperlukan alat inovasi pembersih lubang *vacuum flutting* mesin *corrugator*. Alat pembersih lubang *vacuum flutting* menggunakan sumber daya angin yang berasal dari kompresor yang bertekanan angin 7,5 bar dan menghasilkan putaran output 12.541 rpm. Alat pembersih lubang *vacuum* yang berdimensi Ø 19 mm dengan panjang *hexagonal shaft* 72 mm dilengkapi dengan *archimedes screw turbin* sebagai pendorong, memutar blade dan sandpaper yang berfungsi sebagai pembersih serpihan kertas dan lem yang berada di dinding lubang *vacuum flutting* mesin *corrugator*. Waktu yang dibutuhkan untuk membersihkan serpihan kertas dan lem pada lubang yaitu 51 menit 46 detik. Penggunaan alat inovasi pembersih lubang *vacuum flutting* mesin *corrugator* BHS dapat digunakan sebagai *tools preventive maintenance* sehingga produktifitas dapat berjalan dengan optimal.

Kata kunci: *corrugated box* ;,lubang *vacuum flutting* mesin *corrugator* ;*archimedes screw turbin*; *hexagonal shaft*

ABSTRACT

Packaging is the wrapping of the product so that the quality and performance of the product can be maintained. One of the packages used is the corrugated box type. Corrugated boxes are made from corrugated paper (corrugated fiberboard or flute). Corrugated box packaging consists of one or more layers of brown kraft paper and an intermediate paper, namely corrugated paper. The printing of corrugated paper boxes in this research uses a BHS corrugator machine, where to print the corrugated surface using a glue medium that is heated to 180oC, which is called the flutting process. This flutting process has the effect of remaining pieces of paper and glue sticking to the vacuum flutting holes of the corrugator machine. So far, cleaning up paper debris and glue using an L key takes 5 hours 25 minutes for 16 holes with a diameter of 20 mm and a length of 2700 mm. In order for the hole cleaning process to be faster and more effective, an innovative hole cleaning tool for a vacuum flutting corrugator machine is needed. The vacuum flutting hole cleaning tool uses a wind source that comes from a compressor with an air pressure of 7.5 bar and produces an output rotation of 12,541 rpm. The vacuum hole cleaning tool has dimensions Ø 19 mm with a hexagonal shaft length of 72 mm equipped with an Archimedes screw turbine as a driver, rotating blade and sandpaper which functions as a cleaner for paper debris and glue on the walls of the vacuum flutting hole of the corrugator machine. The time needed to clean the paper chips and glue from the hole was 51 minutes 46 seconds. The use of innovative hole cleaning tools for vacuum flutting on BHS corrugator machines can be used as a preventive maintenance tool so that productivity can run optimally.

Keywords: *corrugated box* ;,lubang *vacuum flutting* mesin *corrugator* ;*archimedes screw turbin*; *hexagonal shaft*

PENDAHULUAN

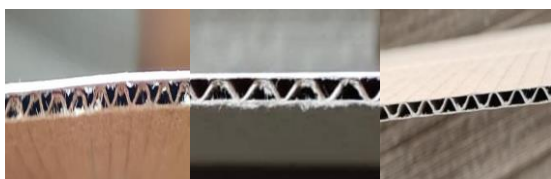
Dunia industri kemasan berbahan dasar karton (*pulp and paper co*) berkembang pesat di negara-negara maju terutama di Indonesia. Manfaat dari kemasan yaitu memberikan perlindungan produk dari kerusakan, mudah dalam penyimpanan, dapat mengangkut secara efisien, meningkatkan efisiensi dalam penyimpanan dan pengiriman.

Kualitas kemasan kertas karton dipengaruhi oleh kontrol pada saat operasi manufaktur, faktor lingkungan seperti kelembaban serta suhu saat pengoperasian mesin kemasan dilaksanakan [1].

Salah satu jenis kemasan yang sering dijumpai adalah *corrugated box* dimana permukaan karton bergelombang atau beralur 2 varian *corrugated sheet*. Varian *corrugated sheet* terdiri dari dua jenis yaitu kertas kraft (kraft linier) untuk lapisan luar serta dalam serta kertas daya jatuh yang berbeda-beda kertas medium di terletak pada bagian tengah yang bergelombang.

Pemilihan penggunaan *corrugated box* berdasarkan berat jenis material, sifat material (self stacking atau tidak), *fragile* atau tidak, menggunakan inner karton atau tidak. Jenis dimensi alur serta bagian karton yang datar, jumlah alur untuk satuan panjang tertentu maka terdapat berbagai jenis karton dengan istilah perdagangan dinamakan *flute*. Setiap *flute* mempunyai karakter tahan getaran, tekanan, kerapuhan, tumpukan serta k daya jatuh yang berbeda-beda [2].

Apabila dilihat dari jenis karton box dapat dibedakan menjadi type E *flute* dengan ukuran gelombang 128 *flutes/linear foot*, C *flute* ukuran gelombang 41 *flutes/linear foot* serta B *flute* berukuran gelombang 49 *flutes/linear foot*.



(a)E Flute (b)C Flute (c)B Flute
Gambar 1 Varian Produk Karton Box

Untuk mesin pembuat kardus/karton *roll* kertas (*corrugated making machine*) terdiri dari *flutting*, *auto splicer*, *press roll*, *preheater*, *glue roll* dan *slitter*.

Pada bagian *corrugator* berfungsi untuk mencetak permukaan karton berpola gelombang dengan media lem dengan panas yang mencapai 180° C yang dinamakan proses *flutting*.



Gambar 2 profil *corrugating roll*

Setelah melakukan proses *flutting* terdapat beberapa gumpalan lem beku dan serpihan kertas yang berada di area lubang yang menyumbat area cetak sehingga diperlukan pembersihan secara berkala.



Gambar 3 Lubang *vacuum flutting corrugator* BHS

Adapun lubang *vacuum flutting corrugator* BHS (Gambar 3) yang berdiameter 20 mm dengan panjang 2700 mm.



Gambar 4 Serpihan kertas

Penggunaan fasilitas produksi secara terus menerus maka diperlukan kegiatan pemeliharaan serta perawatan meliputi pengecekan, pemberian pelumas pada bagian tertentu, perbaikan kerusakan dan perbaikan komponen yang terdapat di fasilitas produksi tersebut [3].

Agar produktifitas dapat berjalan sesuai target maka perlu adanya *preventive maintenance* secara berkala dan menjaga kualitas produk karton box maka dilakukan pembersihan debu serpihan kertas dan gumpalan lem pada permukaan dan bagian lubang *corrugator roll*.

Berdasarkan pengamatan di lantai produksi pada proses pembersihan permukaan dan lubang *vacum corrugator roll* secara manual dengan menggunakan disusuk

menggunakan kunci L membutuhkan waktu 5 jam 25 menit.

Agar permukaan lubang *vacuum corrugator roll* tidak tergores atau rusak maka dibutuhkan alat pembersih dengan menggunakan *vacuum* tenaga angin yang berasal dari kompresor. Alat pembersih jenis *vacuum* pengoperasiannya dapat dilakukan secara kontinue serta efisien dalam waktu penggunaannya [4].

METODE PENELITIAN

Agar proses membersihkan kotoran lem serta serpihan kertas pada lubang *vacuum corrugator* lebih cepat serta membantu operator saat proses pelaksanaan pembersihan maka pada penelitian ini menggunakan metode eksperimen.

A. Konstruksi Lubang Flutting

Lubang jenis lubang *flutting* yang akan dibersihkan mempunyai spesifikasi

- Jumlah lubang : 16 lubang
- Jari-jari lubang (r) : 10 mm
- Panjang lubang (t) : 2700 mm

Untuk spesifikasi serpihan kertas karton

- Massa jenis : 0,000332 gr/cm³
- Ukuran : 0,16 mm

Dari spesifikasi data mesin *corrugator* maka di dapatkan perhitungan yaitu

Volume lubang
 $\pi \times r \times t^2 \dots\dots\dots(1)$

- Dengan
- $\pi = \text{phi} = 3,14$
 - 'r = jari-jari lubang (mm)
 - 't = panjang lubang (mm)

B. Tekanan Angin Yang Dibutuhkan

Kecepatan udara yang mengalir

$V_{udara} = A = \frac{\pi \times d_L^2}{4} \times v_{udara} \times \alpha \dots\dots\dots(2)$

Dengan

- A = luas penampang saluran pipa (m²)
- 'dL = diameter lubang (m)
- L = unit volume (m)
- 'v udara = kecepatan udara (kg/m³)
- α = faktor kehilangan dari volume udara ber nilai 1,1

Penurunan tekanan pada lubang *flutting*. *Pressure drop* akibat gesekan antara udara dan dinding saluran *flutting*

$\Delta P_g = \frac{4f \times L_g \times \rho_{udara} \times v_{udara}^2}{2 \times D} \dots\dots\dots(3)$

Dimana

- ΔP_g = penurunan tekanan (Pa)
- 'f = faktor gesekan = 0,004
- L_g = unit volume (m)
- ' ρ_{udara} = massa jenis udara = 1,2 kg/m³
- 'vudara = kecepatan udara
- D = Diameter lubang (m)

Pressure drop akibat akselerasi dari material dari keadaan diam ke keadaan bergerak dalam saluran lubang *flutting*

$\Delta P_{acc} = W \times v_p \dots\dots\dots(4)$

Dimana

- ΔP_{acc} = penurunan tekanan material dari dalam kondisi diam ke keadaan bergerak (Pa)
- W = *solid mass velocity* (kg.m/menit)
- 'v_p = kecepatan alir material (m/menit)

$\Delta P_s = \Delta P_g \times K \times R \dots\dots\dots(5)$

dengan

- ΔP_s = tekanan fluida masuk (Psi)
- ΔP_g = penurunan tekanan oleh gravitasi
- K= konstanta gesekan material
- R = ratio massa aliran udara dan material

Total tekanan angin yang dibutuhkan untuk membersihkan serpihan kertas yang terdapat pada lubang yaitu

$\Delta P_g + \Delta P_{acc} + \Delta P_s \dots\dots\dots(6)$

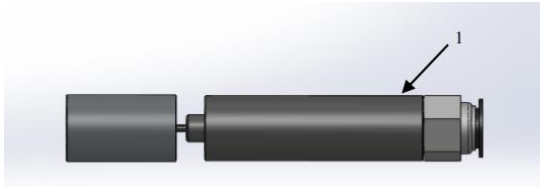
Maka berdasarkan perhitungan tekanan angin yang dibutuhkan untuk membersihkan kotoran serpihan 111,52 Pa (1,12 x 10⁻³ bar).

C. Desain Inovasi Alat Pembersih

Alat pembersih lubang *vacuum flutting* digerakkan oleh tekanan angin yang berasal kompresor. Tekanan angin yang dihasilkan kompresor adalah 7,5 bar kemudian disalurkan melalui pipa galvanis berukuran 2,5 inci dengan panjang 6 meter dan dilanjutkan

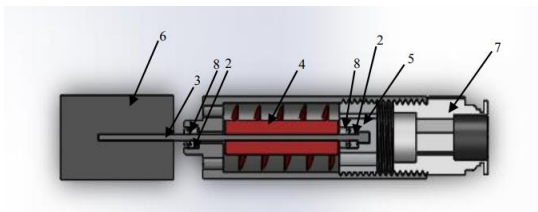
menggunakan selang *poly urethane* (PU) sepanjang 10 meter sehingga terjadi penurunan tekanan angin yang keluar dari pipa sebesar 2,82 bar.

Untuk desain alat inovasi alat pembersih yaitu sebagai berikut pada Gambar 5.



Gambar 5 Alat Pembersih Lubang *Vacuum Flutting*

Detail komponen inovasi alat pembersih lubang *vacuum flutting* dapat dilihat pada Gambar 6 berikut ini :



Gambar 6 Irisan Alat Pembersih Lubang *Vacuum Flutting*

Nama bagian serta fungsi Alat Pembersih Lubang *Vacuum Flutting* dijabarkan pada Tabel 1 berikut ini

Tabel 1 Nama bagian serta fungsi Alat Pembersih Lubang *Vacuum Flutting*

No	Nama Part	Fungsi Part
1	<i>Body Nozzle</i>	Pelindung komponen bagian dalam yang diakibatkan faktor eksternal yang berpotensi merusak
2	<i>Bearing</i>	menjaga kestabilan dan perputaran turbin
3	<i>Turbine Shaft</i>	mentransmisikan daya atau torsi dari turbin ke sikat kawat.

4	<i>Archimedes Screw Turbine</i>	mendorong , memutar poros pembersih dengan sumber penggerak angin
5	<i>Cover Body</i>	pelindung komponen, sebagai tempat untuk memasang bearing, mendukung, dan menahan beban yang bekerja pada bearing
6	<i>Sand Paper</i>	alat pembersih kotoran yang terdapat pada lubang <i>vacuum flutting corrugator roll</i> .
7	<i>Nepel Hose</i>	penghubung dua komponen antara <i>nozzle</i> dengan selang angin.
8	<i>Snap Ring S-5</i>	pengunci atau penahan pada <i>bearing</i> dengan menggunakan tekanan pegas.

D. Hasil Eksperimen

Sebelum melakukan pembersihan pada lubang *vacuum* mesin *corrugator* dilakukan pengecekan yaitu mengecek semua fungsi part, tekanan aliran angin dan alat bekerja dengan baik.



Gambar 7 Pengujian Pengoperasian Alat Pembersih



Gambar 8 Hasil pengukuran menggunakan tachometer

Hasil pengukuran alat tachometer maka dihasilkan putaran shaft turbin sebesar 12.413 rpm dengan besaran input tekanan kompresor 7,5 bar.



Gambar 9 Profil Alat Pembersih Lubang Mesin Corrugator

Tabel 2 Hasil Eksperimen Waktu Penggunaan Proses Pembersihan Serpihan Kertas

No	Lubang ke	Waktu (menit)
1	1	3' 21"
2	2	3' 32"
3	3	2'43"
4	4	3' 6"
5	5	2'42"
6	6	3'57"
7	7	3'23"
8	8	3'12"
9	9	3'22"
10	10	2'53"

11	11	3'2"
12	12	3'11"
13	13	3'36"
14	14	3'9"
15	15	2'54"
16	16	3'43"
Total	16	51'46"

Setelah melaksanakan proses pembersihan 16 lubang pada mesin corrugator maka didapatkan alokasi waktu pembersihan setelah menggunakan alat pembersih lubang vacuum corrugator 51 menit 46 detik.



Gambar 10 . Serpihan kertas yang terdapat pada Lubang Mesin Corrugator

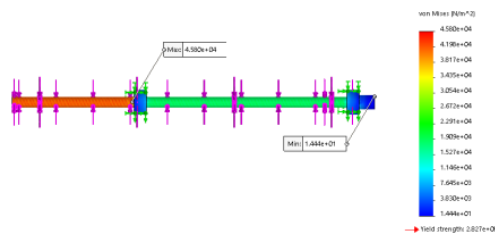
Pada saat membersihkan serpihan kertas karton maka didapatkan berat 2,82 gram.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Roller bekerja pada suhu sekitar 200°C dalam proses pembentukan kertas gulungan bergelombang dimana sifat ketahanan aus sangat dibutuhkan. [5]. Sehingga pemilihan material alat pembersih/sikat lubang *vacuum* mesin *corrugator* dengan menggunakan *sand paper/ amplas* aluminium oxide dengan kekerasan 169 dapat berfungsi membersihkan kotoran serpihan kertas dan lem yang terdapat pada lubang mesin *corrugator*. Penggunaan jenis *sand paper* sangat efektif dalam proses pembersihan dimana dapat berotasi serta membersihkan serpihan pada permukaan dalam lubang dengan material tungsten carbide rolls.

Saat regulator terbuka pada pressure tank maka angin mengalir pada lubang angin untuk mendorong kotoran pada lubang *vacuum flutting* dan turbin *shaft* yang dilapisi *sandpaper* berputar mentransmisikan daya atau torsi dari

turbin ke *sandpaper*. Material turbin shaft adalah harden steel berbentuk *hexagonal shaft*.



Gambar 11 Analisa *yield strength* pada *hexagonal shaft*

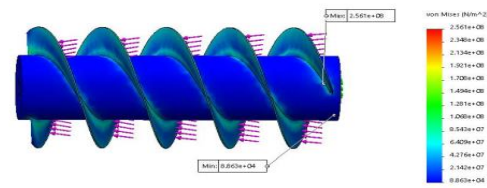
Hexagonal shaft mempunyai kelebihan tahan terhadap gaya rotasi dibandingkan dengan poros berbentuk lingkaran. Sisi-sisi datar pada permukaan segi enam poros memiliki area kontak untuk transmisi torsi sehingga torsi tinggi dapat ditransfer ke komponen lainnya. *Hexagonal shaft* lebih mudah di *assembly* dengan menggunakan kunci pas. Berdasarkan metode pengukuran rotasi dan kompensasi kesalahan rotasi berdasarkan transformasi Clarke yang diterapkan pada poros berpenampang heksagonal yang berotasi mempunyai konsistensi yang tinggi [6].

Momen inersia penampang pada *shaft hexagonal* yang didapatkan dari perhitungan $0,785 \text{ kg/m}^2$ dengan momen puntir (torsi) $1,1 \text{ Nm}$. Berdasarkan simulasi menggunakan software Solidwork versi 2014 didapatkan *yield strength* terbesar terjadi di antara ujung poros dengan bearing penopang bagian tengah senilai $4,58 \text{ kN/m}^2$. *yield strength* terkecil senilai $1,44 \text{ kN/m}^2$ di bagian shaft bearing penopang tengah dengan shaft bearing penopang ujung.

Jenis turbin yang digunakan *archimedes screw turbin* dengan menggunakan material Asam Polylytic Acid (PLA). Dalam pembuatan *archimedes screw turbin* menggunakan 3 D printing bertemperatur *extruder* 225°C dan temperatur *heat bed* 70°C menghasilkan tegangan tarik 34 N/mm^2 [7].

Archimedes screw turbin atau turbin ulir terdiri beberapa sudu berbentuk *heliks* yang terpasang pada poros serta berfungsi sebagai bucket bergerak untuk mengarahkan fluida ke atas (*sand paper*) [8].

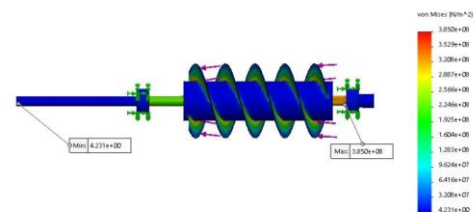
Spesifikasi *archimedes screw turbin* berdiameter dalam 8 mm dan diameter luar 15 mm dengan total *length of the screw* 28 mm . *Number of helical planed surfaces* *2 helical*. *Screw pitch (distance along the screw axis for one complete helical plane turn)* $11,76 \text{ mm}$ dengan *inclination angle of the screw* $75,81$ inchi.



Gambar 12 Analisa *yield strength* pada *archimedes screw turbin*

Pada *archimedes screw turbin* ini, tegangan terbesar senilai $8,86 \text{ kN/m}^2$ terjadi pada antara poros dengan ujung blade. *Stress Von Mises* terkecil senilai $2,56 \text{ kN/m}^2$ terjadi pada tengah blade.

Assembly antara *shaft hexagonal* dan *archimedes screw turbine* berfungsi untuk mentransmisikan daya atau torsi dari turbin ke amplas alat pembersih serta mendorong, memutar sudu-sudu yang digerakkan oleh angin untuk memutar amplas pembersih.



Gambar 13 Analisa *yield strength* pada Assembly antara *shaft hexagonal* dan *archimedes screw turbine*

Untuk *shaft* dan *archimedes screw turbin* ini, *stress von mises* terbesar senilai $4,23 \text{ kN/m}^2$ terjadi pada poros bagian ujung, poros dan ujung blade. *Stress Von Mises* terkecil senilai $3,85 \text{ kN/m}^2$ terjadi pada bagian tengah poros dan tengah blade. Berdasarkan analisa *assembly hexagonal shaft* dan *archimedes screw turbin* maka kedua komponen ini dapat digunakan.

KESIMPULAN

Dimensi lubang flutting mesin corrugator BHS berdiameter 20 mm dengan panjang 2700 mm berjumlah 16 lubang dapat dibersihkan dengan menggunakan alat pembersih lubang vacuum flutting berdimensi diameter 19 mm dengan panjang 72 mm . Proses pembersihan 16 lubang menggunakan alat pembersih lubang vacuum flutting membutuhkan waktu 51 menit 46 detik dimana lebih cepat dari pada menggunakan alat kunci L 5 jam 25 menit.

Sehingga penggunaan alat pembersih lubang vacuum flutting lebih efektif daripada pembersihan secara manual.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] *Mechanical Design and Performance Testing Of Corrugated Paperboard Packaging For The Postharvest Handling of Horticultural Produce*. Tobi Fadji, Tarl M. Berry, Corne J. Coetzee, Umezuruike Linus Opara. South Africa : Elsevier, 2018, Vol. 171. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2018.05.004>.
- [2] Elisa Julianti, Mimi Nurminah. *Teknologi Pengemasan*. Sumatera Utara : Departemen Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara, 2006.
- [3] Ignatius Derajad Pranowo, M.Eng. *Sistem dan Manajemen Pemeliharaan*. Yogyakarta : DEEPUBLISH , 2019.
- [4] *Perancangan Material Handling Otomatis Dengan Sistem Vacuum Pada Mesin Press*. Shanti Kumbarasari, Albertus Khresna Phalosa , Irvandika Nur Ardzi, Reival Rei Yusti. 3, Jakarta : Teknobiz , 2021, Vol. 11.
- [5] *Tempering and Wear Resistance of Laser Cladded MMC Coating For Corrugated Roller*. Zhaoyong Qian, Minlin Zhong, Wenjin Liu, Dongye Zhang, Ruiquan Kang. USA : International Laser Safety Conference Proceedings, 2007. <https://doi.org/10.2351/1.5061206>.
- [6] *Research on the Design of a Hexagonal Shaft Straightening Machine Based on Quality Function Development and Evidence Theory*. Juan Zhou, Yuhang Huang, Zhonghua Yu. 707, Basel, Switzerland : <https://www.mdpi.com/journal/symmetry>, 2021, Vol. 13. <https://doi.org/10.3390/sym13040707>.
- [7] *Analisa Perubahan Temperatur Extruder Dan Heat Bed Terhadap Sifat Mekanik Material Produk 3D Printer Tipe Fused Deposition Modelling (FDM) Menggunakan Filament PLA+ESUN*. Agung Fauzi Hanafi, Asmar Finali, Rochmad Eko P.U. Banyuwangi Jawa Timur : Indonesian Society of Applied Science (ISAS) Politeknik Negeri Banyuwangi., 2020. E-ISSN : 2621-9794, P-ISSN : 2477-2097.
- [8] I Gede Widnyana Putra, Antonius Ibi Weking, Lie Jasa. Analisa Pengaruh Tekanan Air Terhadap Kinerja PLMTH dengan Menggunakan Turbin Archimedes Screw. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*. September-Desember, 2018, Vol. 17, p-ISSN:1693 – 2951; e-ISSN: 2503-2372.