

## Akurasi dan Produktivitas Mesin *Laser Cutting* untuk Memproduksi Alat Pelindung Diri (APD) Covid-19

S. Slamet<sup>1,\*</sup>, S. Harmoko<sup>1</sup>, Hariyanto<sup>1</sup> dan Suyitno<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muria Kudus

Kampus Gondang manis PO. Box 53, Bae-Kudus Telp/Fax: (0291) 438229 / 437198

<sup>2</sup>Centre for Innovation of Medical Equipments and Devices (CIMEDs), Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mads

\*E-mail: [sugeng.slamet@umk.ac.id](mailto:sugeng.slamet@umk.ac.id)

### Abstrak

Kebutuhan alat pelindung diri (APD) di masa pandemi Covid-19 terus mengalami peningkatan seiring dengan banyaknya permintaan pasar. Sementara itu ketersediaan APD relatif kurang dengan harga yang terus meningkat. Berbagai inovasi dan kreatifitas untuk menghasilkan APD dilakukan oleh kelompok masyarakat, akademisi dan praktisi untuk memproduksi APD baik secara konvensional maupun non konvensional dengan menggunakan mesin-mesin produksi. Mesin laser cutting Zaiku LS 6040 digunakan untuk membuat komponen APD face shield dan masker. Desain produk digambar menggunakan software CorelDraw version X7. Material face shield menggunakan plastik jenis Polyethylene terephthalate (PET) sebagai komponen topeng muka, sedangkan APD masker menggunakan bahan kain poliester ukuran 280 gsm (*gram per square meter*). Keakurasian dianalisis dengan cara memvalidasi ukuran antara gambar desain dengan ukuran potong mesin laser cutting. Produktivitas energi diukur dari jumlah produk yang dihasilkan terhadap pemakaian energi listrik. Hasil penelitian menunjukkan selisih antara ukuran desain dengan ukuran hasil potong sebesar 0,52 mm dengan deviasi 0,05 untuk PET dan 1,50 mm dengan deviasi 0,47 untuk kain Poliester. Terjadi peningkatan produktivitas energi tertinggi sebesar 22,03% dengan kenaikan konsumsi energi listrik 16,7% pada perubahan kecepatan potong 30 ke 40 mm/detik untuk pemotongan PET. Sedangkan untuk pemotongan bahan kain poliester terjadi peningkatan produktivitas tertinggi sebesar 20,8% dengan kenaikan konsumsi energi listrik 12,5% pada perubahan kecepatan potong 30 ke 45 mm/detik.

**Kata kunci :** *laser cutting, alat pelindung diri, akurasi, produktivitas energi.*

### Abstract

The need for *personal protective devices* (PPD) during the Covid-19 pandemic increases with the significant market demand. Meanwhile, the availability of PPD is relatively lacking, with prices continuing to increase. Therefore, various innovations and creativity to produce PPD is carried out by community groups, academics, and practitioners to produce PPD conventionally and non-conventionally using production machines. The Zaiku LS 6040 laser cutting machine is used to manufacture PPD components for face shields and masks. The product design is drawn using *CorelDraw software*. Face shield material uses polyethylene terephthalate (PET) plastic as a component of face shields, while masks use polyester fabric with a size of 280 gsm (*grams per square meter*). Accuracy is analyzed by validating the size between the design drawing and the cutting size on the laser cutting machine. Energy productivity is measured by the amount of product produced against the use of electrical energy. The results showed that the difference

between design size and cut size was 0.52 mm with a deviation of 0.05 for PET and 1.50 mm with a deviation of 0.47 for polyester. Furthermore, there was an increase in the highest energy productivity of 22.03%, with an increase in electrical energy consumption of 16.7% at a change in cutting speed of 30 to 40 mm/sec for PET. As for polyester cutting, the highest productivity increase is 20.8%, with an increase in electrical energy consumption of 12.5% at a change in cutting speed of 30 to 45 mm/sec.

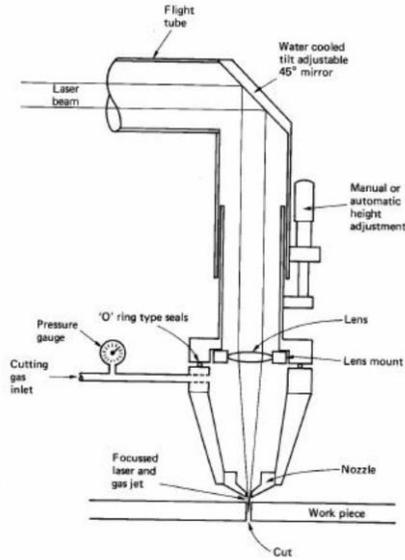
**Keywords:** laser cutting, personal protective device, accuracy, energy productivity.

## 1. PENDAHULUAN

Berdasarkan Alat pelindung diri atau APD digunakan untuk melindungi diri dari berbagai ancaman kesehatan dan kecelakaan kerja. Berbagai alat pelindung diri dibuat dengan menyesuaikan lingkungan kerja. APD untuk pelindung saluran pernafasan merupakan seperangkat perlengkapan yang berfungsi untuk melindungi penggunanya dari bahaya atau gangguan kesehatan tertentu, misalnya infeksi virus atau bakteri. Bila digunakan dengan benar, APD akan mampu menghalangi masuknya virus atau bakteri ke dalam tubuh melalui mulut, hidung, mata, atau kulit (Hadimi, 2008).

Industri dalam negeri mempunyai kemampuan teknis dan permesinan yang handal dalam memproduksi alat pelindung diri. Indonesia mempunyai kemampuan dalam memproduksi APD jenis *gown* terusan dan *jumpsuit coverall* dengan kapasitas 20 juta, namun terkendala dengan bahan baku (Choirul Anwar, M., 2020). Pada kondisi normal dimana tidak ada pandemi Covid-19 produksi alat pelindung diri di Indonesia mengalami surplus untuk pasar domestik. Persaingan dagang juga terjadi dikala banyak APD impor masuk ke pasar domestik, sehingga APD produksi dalam negeri banyak mengalami tekanan harga. Standarisasi produk juga menjadi bagian penting dalam memproduksi alat pelindung diri. Produk APD dalam negeri sudah memenuhi standarisasi medis menurut *World Health Organization* (WHO) (Purnamasari dan Patnistik, 2020). Beberapa produk dalam negeri telah lulus uji ISO 16604 standart level tertinggi WHO (*premium grade*) yang dilakukan di lembaga uji di Amerika Serikat dan Taiwan, sehingga aman digunakan oleh tenaga medis di seluruh dunia (Septyaningsih dan Zuraya, 2020). Produk APD dalam negeri juga mengalami peningkatan signifikan pada produksi *coverall/protective suite, surgical gown* dan *surgical mask*. Berdasarkan data yang dihimpun Kemenperin dan Kementerian Kesehatan, terjadi surplus produksi APD sampai Desember 2020.

Teknologi permesinan selain digunakan untuk menjamin kualitas produk juga untuk meningkatkan produktivitas. Salah satu teknologi permesinan yang saat ini dikembangkan adalah *laser cutting*. Proses pemotongan bahan menggunakan *laser cutting* telah digunakan untuk memotong berbagai jenis material baik logam, kayu, plastik maupun kain. *Laser cutting* merupakan proses pemotongan menggunakan sinar laser. Sinar laser yang digunakan merupakan sinar laser yang sangat difokuskan sehingga mempunyai energi yang besar, benda yang dilewati oleh sinar laser tersebut akan meleleh, terbakar ataupun menguap tergantung dari jenis dan sifat bahan yang digunakan. Mekanisme kerja dari mesin *laser cutting* ditunjukkan pada Gambar 1.

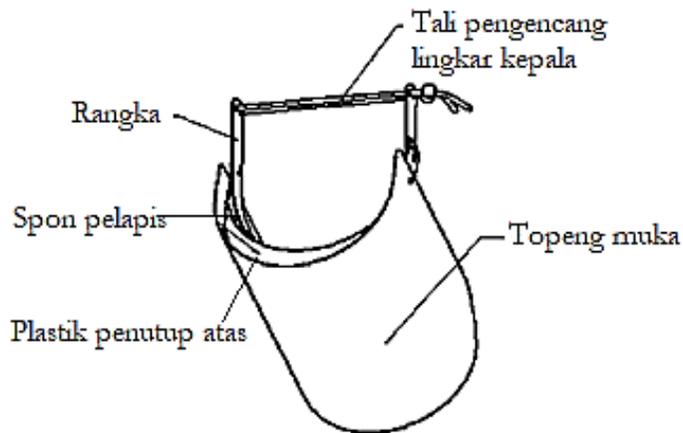


Gambar 1. Skema mesin *laser cutting* (Samarya dkk, 2020).

Gambar 1 menjelaskan proses kerja *laser cutting* yang menggunakan gas CO ataupun nitrogen pada beberapa jenis lainnya. Sinar laser memiliki diameter sekitar  $\frac{3}{4}$  inci ketika dikeluarkan dari resonator laser. Laser yang keluar kemudian dibelokkan dengan dengan pembelok sinar laser yang terbuat dari cermin. Laser dibelokkan ke lensa fokus yang akan mengkonsentrasikan laser tersebut. Laser yang telah dikonsentrasikan kemudian melewati *nozzle* bersamaan dengan gas bertekanan akan memotong atau melubangi benda kerja.

Kualitas produk yang terjamin secara berkelanjutan serta meminimalisir produk rusak merupakan alasan utama diberlakukannya otomatisasi permesinan di industri. Beberapa mesin non konvensional membutuhkan proses setting yang cermat sebelum dioperasikan. Keakurasian ukuran produk terhadap ukuran desain dapat disebabkan ketidakteraturan permukaan potong akibat tingkat kekasaran yang tinggi. Peningkatan kecepatan potong dan kedalaman potong rendah akan menurunkan kekasaran permukaan benda potong (Ibrahim dkk, 2018). Terdapat pengaruh yang signifikan parameter kecepatan pemakanan, putaran spindel dan diameter benda potong terhadap kekasaran permukaan. Diameter benda yang relatif kecil tingkat kekasarannya menurun dengan kecepatan pemakanan dan putaran yang sama (Gambeh dkk, 2018). Berdasarkan hasil penelitian di atas, keakurasian ukuran menjadi hal yang penting untuk diteliti sekalipun pada mesin non konvensional.

Topeng muka merupakan bagian utama *face shield* yang diproduksi menggunakan bahan plastik jenis PET. Bahan plastik PET dalam berbagai jenis banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari sebagai bahan kemasan dikarenakan tahan panas, ulet dan transparan (Mujiarto, 2005). Bagian rangka menggunakan plastik PVC (*polivinil klorida*) yang memiliki sifat ringan, tahan api, tahan bahan kimia serta dapat dibentuk secara elastis dan fleksibel (Lissa, 2017). Bagian lain dari *face shield* adalah plastik penutup atas dari bahan PET yang berfungsi sebagai perapat dari semburan droplet virus Covid-19 serta tali pengencang lingkaran kepala. Pada bagian dahi dipasang spon pelapis yang lembut untuk menambah kenyamanan *face shield* saat dipakai dalam waktu lama dan tidak menyebabkan sakit pada dahi. Gambar 2 menunjukkan bagian-bagian utama dari APD *face shield*.



Gambar 2. Bagian-bagian utama dari APD *face shield*

Masker kain juga menjadi APD pilihan untuk mencegah penularan virus Covid-19 melalui hidung dan mulut. Berbagai jenis bahan dan model masker di produksi untuk memenuhi permintaan pasar. Salah satu jenis kain masker non medis yang populer di saat pandemi Covid-19 dan digunakan sebagai bahan masker adalah bahan kain poliester jenis scuba. Kain jenis scuba memiliki kualitas lebih baik dan tingkat elastisitasnya lebih terkontrol. Kain ini memiliki kemampuan melar secara vertikal maupun horizontal rata-rata 40% dan lebar mencapai 58 inches. Komposisi bahan terdiri bahan polyester 90% dan spandek 10% (Nugroho, 2018). Pemilihan jenis kain scuba atas pertimbangan strukturnya elastis, tebal, nyaman dipakai dan harga relatif murah. Di saat Covid-19 mewabah terjadi kelangkaan masker standart medis dan harga yang melambung tinggi. Penggunaan masker kain menjadi pilihan alternatif disaat itu, walaupun secara medis masih perlu dilakukan penelitian. Penggunaan masker kain akan memberikan rasa aman saat beraktivitas di luar rumah jika dikuti dengan *physical distancing* atau jaga jarak aman sekitar 1-2 meter dan cuci tangan pakai sabun atau *hand sanitizer* (Sarjono, 2001). Gambar 3 menunjukkan produk APD masker berbahan kain jenis scuba.



Gambar 3. APD masker kain ( satuan : mm )

Proses pemotongan dengan menggunakan mesin laser terdapat permasalahan antara lain kerataan permukaan dan ketepatan ukuran produk termasuk konsumsi daya listrik yang

tinggi (Siswanto dan Sunyoto, 2018). Penelitian ini bertujuan mengetahui tingkat keakurasian hasil pemotongan, konsumsi energi listrik (kWh) dan produktivitas terhadap perubahan kecepatan potong pada mesin *laser cutting* ZAIKU LS 6040. Adapun bahan yang dipotong adalah plastik jenis PET untuk komponen APD *face shield* dan bahan kain poliester untuk APD masker kain.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan bahan plastik jenis *PET rigid sheet* dengan ketebalan 0,35 mm sebagai topeng muka pada APD *face shield* dan bahan kain poliester scuba 280 GSM sebagai bahan masker. Penelitian ini menggunakan mesin *laser cutting* tipe ZAIKU LS 6040.

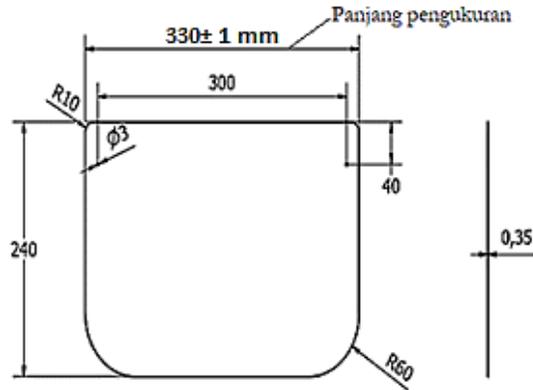
Pengaturan titik fokus sinar laser terhadap bahan berjarak 10 mm untuk bahan plastik PET dan 12 mm untuk bahan kain poliester. Diameter *nozzle* yang digunakan 1 mm dengan gas CO sebagai gas pembentuk sinar laser. Kecepatan potong divariasikan dengan menyesuaikan jenis bahan yang dipotong. Keakurasian yang dimaksud merupakan selisih antara ukuran gambar desain dengan ukuran hasil potong dalam satuan mm. Sampel panjang pengukuran hanya dilakukan pada salah satu bagian saja yaitu panjang  $330 \pm 1$  mm untuk APD *face shield* dan panjang  $165 \text{ mm} \pm 1$  mm untuk APD masker seperti ditunjukkan pada Gambar 4 dan 5. Konsumsi energi merupakan besarnya energi yang dipakai sebagai akibat dari perubahan kecepatan, sedangkan produktivitas energi merupakan jumlah produk *non rejected* yang dihasilkan berbanding besarnya energi yang dipakai. Perhitungan keakurasian ukuran sebagai akibat perubahan kecepatan potong ditunjukkan pada persamaan (1) :

$$x = (\Sigma N/n) - y \quad (1)$$

Dimana :

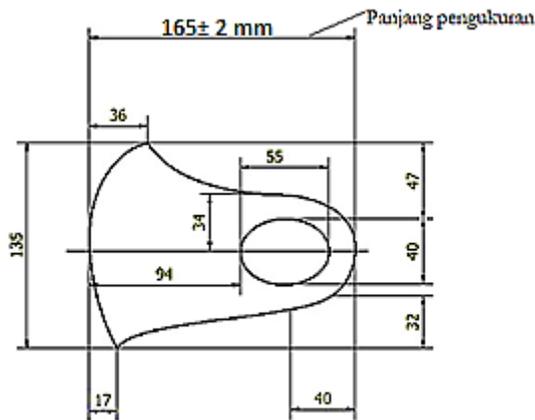
- x = selisih ukur (mm)
- $\Sigma N$  = jumlah hasil pengukuran (mm)
- n = jumlah pengujian (kali)
- y = dimensi ukur desain (mm)

Produk APD *face shield* sebelum dilakukan proses pemotongan dilakukan dulu proses mendesain produk. Adapun desain produk untuk komponen topeng muka *face shield* berbahan plastik *PET rigid sheet* ditunjukkan Gambar 4.



Gambar 4. Desain topeng muka untuk APD *face shield* ( satuan : mm )

Desain produk untuk APD masker bahan kain poliester ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Desain APD masker kain ( satuan : mm )

Daya listrik terpakai diukur dari berapa arus listrik terpakai dikalikan dengan tegangan listrik terpasang. Besarnya arus listrik selama proses diukur menggunakan tang ampere. Energi listrik terpakai (kWh) merupakan perkalian antara daya listrik terpakai (kW) dikalikan dengan waktu pemakaian, sebagaimana persamaan (2). Sedangkan produktivitas energi yang digunakan mesin *laser cutting* ditentukan dengan menghitung jumlah produksi dibagi dengan jumlah energi listrik terpakai (Yuniari, 2014) ditunjukkan pada persamaan (3):

$$\text{Energi listrik terpakai (kWh)} = \text{daya alat listrik} \times \text{lama pemakaian (dalam jam)} \quad (2)$$

$$\text{Produktivitas energi} = \text{jumlah produksi (unit)} / \text{jumlah energi terpakai (kW)} \quad (3)$$

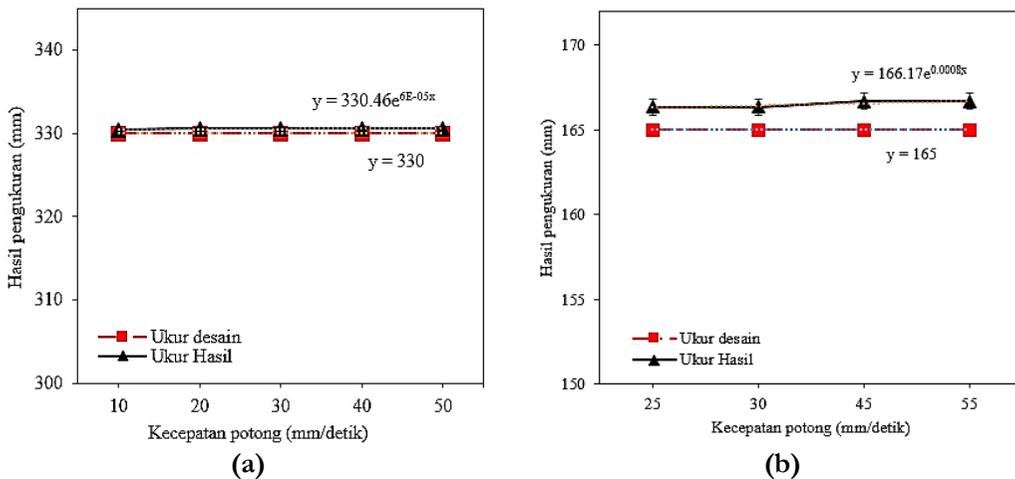
Gambar 6 menunjukkan peralatan yang digunakan pada mesin *laser cutting*. Proses produksi diawali dengan mendesain produk pada perangkat komputer. Desain yang sudah dinyatakan benar, selanjutnya dioperasikan dengan aplikasi *LaserDraw* dalam perangkat komputer yang sudah terhubung ke mesin *laser cutting*.



Gambar 6. Skema operasional mesin *laser cutting*

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Akurasi hasil pengukuran pada pemotongan bahan plastik PET dari ukuran desain terhadap ukuran hasil pemotongan menunjukkan selisih. Peningkatan kecepatan potong tidak signifikan mempengaruhi ukuran hasil pemotongan. Gambar 7 menunjukkan hasil pengukuran terhadap ukuran desain produk terhadap ukuran hasil pemotongan.



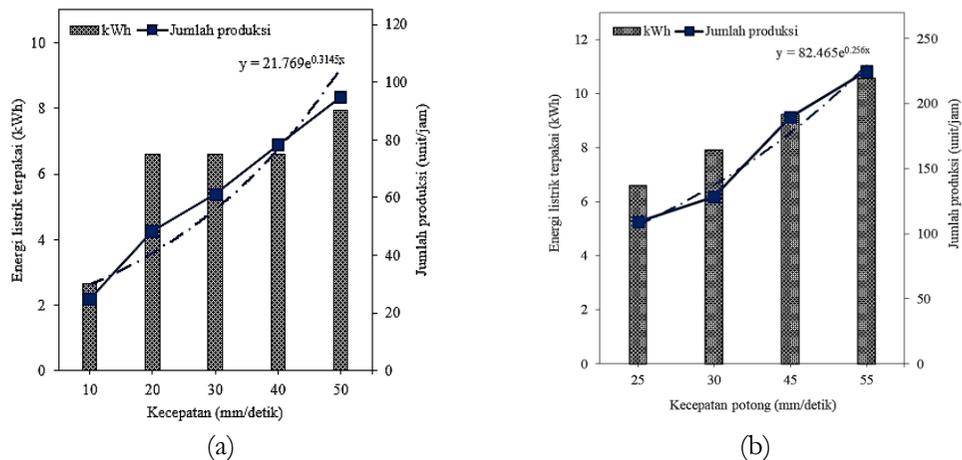
Gambar 7. Selisih ukuran desain dan ukuran hasil pemotongan (a) APD *face shield* (b) APD masker kain .

Selisih ukur antara desain dengan hasil pemotongan tidak melebihi ukuran dengan batas toleransi yang diijinkan yaitu  $\pm 1$  mm untuk plastik PET dan  $\pm 2$  mm untuk bahan kain. Hasil pengukuran menunjukkan selisih ukur antara ukuran desain dengan ukuran hasil yang relatif kecil yaitu kurang dari 1 mm untuk plastik PET dan kurang dari 2 mm untuk bahan kain. Selisih pengukuran tersebut menghasilkan persamaan  $y = 330.46e^{6E-05x}$  dengan selisih rata-rata sebesar 0,52 mm dan deviasi 0,05 untuk bahan plastik PET. Hasil pemotongan bahan kain menunjukkan selisih pengukuran dengan persamaan  $y = 167e^{0.0004x}$  dengan selisih rata-rata sebesar 1,50 mm

dan deviasi 0,47. Selisih ukur antara desain dan hasil potong tidak menimbulkan perubahan signifikan yang menyebabkan produk rusak atau *rejected*.

Peningkatan kecepatan potong pada mesin *laser cutting* tidak menyebabkan pergeseran titik fokus sinar laser terhadap bahan dan tidak mengganggu stabilitas *noise*. Selisih ukur antara ukuran desain dan ukuran hasil pemotongan menunjukkan selisih rata-rata 0,52 mm untuk bahan plastik PET dan 1,50 mm untuk bahan kain. Selisih pengukuran tersebut relatif kecil dan dapat diterima oleh produsen komponen APD berbahan plastik PET untuk *face shield* dan masker kain.

Pemakaian energi listrik (kWh) meningkat dengan penambahan kecepatan potong dari 10 sampai 20 mm/detik. Konsumsi energi listrik terlihat relatif stabil diikuti dengan meningkatnya jumlah produksi (unit/jam) pada kecepatan potong 20 sampai 40 mm/detik. Peningkatan kecepatan potong di atas 40 mm/detik menyebabkan meningkatnya konsumsi energi listrik, sebanding pula dengan meningkatnya jumlah produksi mengikuti persamaan  $y = 21.769e^{0.3145x}$ . Dimana  $y$  adalah energi listrik terpakai (kWh) dan  $x$  adalah kecepatan potong (mm/detik). Kenaikan jumlah produksi tertinggi terjadi pada kecepatan potong 10 mm/detik sampai 20 mm/detik yaitu sebesar 48,3%. Peningkatan jumlah produksi selanjutnya naik rata-rata 20% seiring dengan meningkatnya kecepatan potong dan pemakaian energi listrik. Gambar 8 (a) menunjukkan konsumsi energi listrik (kWh) dan jumlah produksi (unit/jam) pada bahan plastik PET. Gambar tersebut menunjukkan bahwa kecepatan potong ideal ditandai dengan tidak adanya lonjakan konsumsi energi listrik yaitu pada kecepatan potong 20 – 40 mm/detik. Gambar 8 (b) menunjukkan konsumsi energi listrik (kWh) dan jumlah produksi (unit/jam) pada bahan kain poliester.



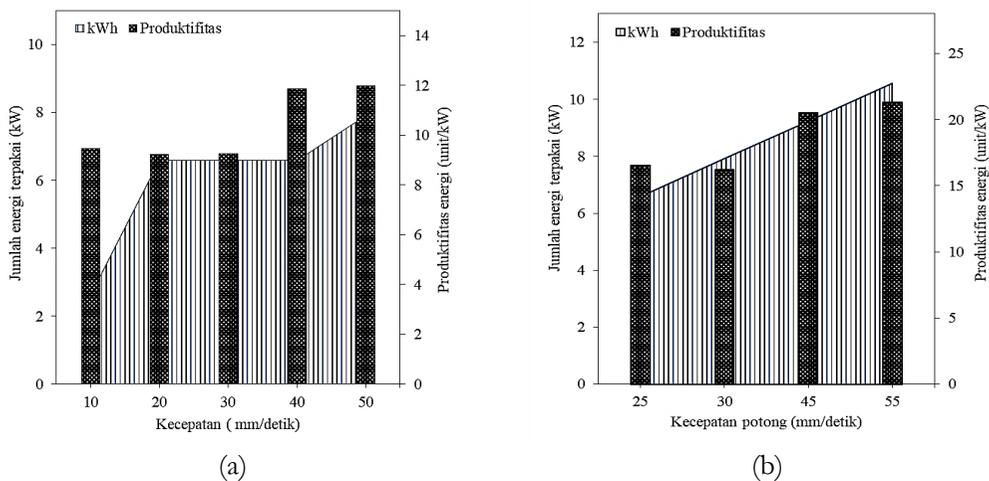
Gambar 8. Kecepatan potong terhadap konsumsi energi listrik (a) APD *face shield*

#### a. APD masker kain

Peningkatan jumlah produksi tertinggi sebesar 32,2% untuk kenaikan kecepatan potong dari 30 mm/detik menjadi 45 mm/detik, sedangkan selanjutnya naik rata-rata 15% mengikuti persamaan  $y = 82.465e^{0.256x}$ . Peningkatan kecepatan potong akan menyebabkan konsumsi energi listrik meningkat rata-rata 14,5%.

Peningkatan jumlah produksi yang dihasilkan terhadap konsumsi energi listrik (kW) merupakan produktivitas energi. Terjadi peningkatan produktivitas energi yang relatif tinggi

pada kecepatan 40 mm/detik. Dimana setiap kenaikan 1 kW akan meningkatkan jumlah produksi sebesar 11-12 unit pada pemotongan plastik PET untuk APD *face shield* dan 20-21 unit pada bahan kain untuk APD masker. Penggunaan konsumsi energi listrik terlihat mulai stabil pada kecepatan potong 40 mm/detik untuk pemotongan bahan plastik PET dan kecepatan potong 45 mm/detik untuk pemotongan bahan kain poliester. Peningkatan konsumsi energi listrik 16,7% sebanding dengan meningkatnya produktivitas sebesar 22,03% pada kecepatan potong 40 mm/detik pada bahan PET untuk *face shield*. Sementara itu konsumsi energi listrik meningkat 12,5% dengan peningkatan produktivitas sebesar 20,8% pada kecepatan potong 45 mm/detik pada bahan kain poliester untuk APD masker. Gambar 9(a) menunjukkan konsumsi energi listrik terhadap produktivitas energi untuk APD *face shield* dan Gambar 9(b) menunjukkan konsumsi energi listrik terhadap produktivitas energi bahan kain poliester untuk APD masker.



Gambar 9. Konsumsi energi listrik terhadap produktivitas energi (a) PET APD *face shield* (b) Kain poliester APD masker.

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian mengenai penggunaan mesin produksi *laser cutting* Zaiku LS 6040 untuk pemotongan plastik PET sebagai komponen APD *face shield* dan kain poliester sebagai komponen APD masker dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Keakurasian antara ukuran desain terhadap ukuran hasil pemotongan terdapat selisih 0,52 mm untuk bahan PET APD *face shield*, sedangkan pada bahan kain jenis scuba untuk APD masker terdapat selisih 0,5 mm.
2. Peningkatan kecepatan potong menyebabkan konsumsi energi listrik meningkat terutama diawal perubahan kecepatan. Konsumsi energi listrik akan stabil dengan kenaikan relatif kecil pada kecepatan potong di atas 40 mm/detik.
3. Produktivitas energi meningkat, dimana peningkatan konsumsi energi listrik 16,7% mampu meningkatkan produktivitas sebesar 22,03% untuk pemotongan bahan PET dan peningkatan konsumsi energi listrik 12,5% mampu meningkatkan 20,8% pada pemotongan bahan kain poliester.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- Choirul Anwar, M., 2020, Tim Covid : 31 Pabrik Tekstil dan 2.900 Garmen Republik Indonesia bisa bikin APD, CNBC Indonesia, <https://www.cnbcindonesia.com>
- Gambeh, L, M, S, Poeng, R, Rondonuwu, I., 2018, Pengaruh kecepatan potong terhadap temperatur pemotongan pada proses pembubutan, *Jurnal Poros Teknik Mesin*, Volume 4, Nomor 2 ; 128- 137.
- Hadimi, 2008, Pengaruh perubahan kecepatan pemakanan terhadap kekasaran permukaan pada proses pembubutan, *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, Volume 11, Nomor 1 ; 18 – 28
- Ibrahim, G.A., Hamni, A., Tarkono, Mutaqqin, M., Su’udi, A., 2018, Pengaruh gerak makan dan kedalaman potong terhadap kekasaran permukaan Magnesium pada permesinan Frais dengan teknik MQL, Undana – Kupang, 4-5 Oktober, *Prosiding SNTTM XVII*.
- Lissa Nuryadi, 2017, Pengolahan plastik mika sebagai aplikasi pada produk gaya hidup dengan tema biopop, *Skripsi*, Universitas Telkom, Bandung.
- Mujiarto, I., 2005, Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif, *Jurnal Traksi*, Volume 3, Nomor 2 ; 56-65.
- Nugroho A, Utama A S, Budiyanoro C, 2018, Optimasi keakuratan dimensi dan kekasaran permukaan potong material akrilik dengan proses laser menggunakan metode Taguchi dan PCR-TOPSIS, *Jurnal Material dan Proses Manufaktur*, Volume 2, Nomor 2 ; 75-82.
- Purnamasari, D.M, Patnistik, E., 2020, Alat Pelindung Diri buatan Indonesia penuh standart WHO, Kompas.com, <https://t.me/kompascomupdate>
- Samarya, Y. T., Sulianti, M.M., Perangin-angin, B., Situmorang, M., 2020, Aplikasi laser CO<sub>2</sub> untuk pemotongan (Cutting) material menggunakan mesin CNC ( Control Numeric Computer ), F-MIPA Universitas Sumatera Utara, <https://media.neliti.com>
- Sarjono H, 2001, Model pengukuran produktivitas berdasarkan pendekatan rasio output per input, *Journal The WINNERS*, Volume 2, Nomor 2 ; 130-136.
- Septyaningsih, I., Zuraya, N., 2020, Produksi melimpah, Menperin doron ekspor masker dan APD, Republika, <https://www.republika.co.id>
- Siswanto B, Sunyoto, 2018, Pengaruh kecepatan dan kedalaman potong pada proses pembubutan konvensional terhadap kekasaran permukaan lubang, *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin* Volume 3, Nomor 2 ; 82-86
- Yuniari. A, 2014, Karakteristik sifat mekanik, ketahanan api dan pembakaran, dan morfologi nanokomposit campuran PVC dan LDPE, *Majalah kulit, karet, dan plastik* Volume 30, Nomor 1; 7-14.