

PERANCANGAN MESIN EXTRUDER FILAMEN 3D PRINTING DENGAN SIMULASI UJI TARIK FILAMEN LIMBAH PLASTIK JENIS PET

Saufik Luthfianto¹, Tofik Hidayat², M. Fajar Nurwildani³, M. Cipto Sugiono⁴, M. Agus Shidiq⁵

^{1, 2, 3, 4}Program Studi Teknik Industri, Universitas Pancasakti Tegal

⁵Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pancasakti Tegal

Email : Saufik_luthfianto@upstegal.ac.id¹, tofik.hdt@gmail.com², nurwildani2017@gmail.com³, moh_cipto425@yahoo.co.id⁴, agus.upstegal@gmail.com⁵

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang mesin ekstruder filamen 3D yang memanfaatkan limbah plastic bekas. Tipe plastic yang digunakan adalah PET. Hasil dari limbah plastic jenis PET digunakan sebagai bahan filamen mesin 3D. Pengujian yang digunakan adalah uji Tarik pada simulasi solid work. Metode penelitian yang digunakan adalah perancangan desain mesin dan eksperimen murni. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah dengan ukuran yang berbeda pada total elemen 40131 mendapatkan nilai tegangan $2,556e+06$ N/m². Nilai rata-rata depresiasi dari nilai eksperimen dan simulasi mendapatkan nilai rata-rata 5,02%.

Kata kunci: ekstruder, filamen, 3d printing, simulasi, uji tarik

1. PENDAHULUAN

Sampah adalah salah satu permasalahan yang dihadapi oleh negara didunia terutama negara Indonesia. Salah satu penangan sampah di Indonesia adalah kebijakan *extended producer responsibility* (Verawati, 2022). Kebijakan tersebut adalah penerapan *zero waste* yang harus didukung peraturan perundang undangan. Salah satu sampah yang menjadi masalah utama adalah sampah plastik yang harus ditangani menggunakan pengendalian berwawasan lingkungan (Hakim, 2019). 60 jutaan ton sampah yang dihasilkan di Indonesia setiap harinya (Kurnia & Hariyanto, n.d.). Sekitar 25% sampah di Indonesia yang harus di kelola adalah sampah plastik (Lestari et al., 2019). *polyethylene therepthtalathe (PET)*, *high density polyethylene (HDPE)*, *polyvinil chloride (PVC)*, *low density polyethylene (LDPE)*, *polypropylene (PP)*, dan *polystyrene (PS)* adalah jenis plastik di yang dapat didaur ulang (Rachmawati & Herumurti, 2015).

Jenis plastik yang memiliki karakteristik kuat, mudah didaur ulang dan salah satu yang digunakan untuk filamen 3D printer adalah jenis PET, PVC, PP dan LDPE (Teguh Prakoso et al., 2022). Jenis plastik PET adalah jenis plastik yang digunakan untuk tempat makanan dan minuman. PVC adalah salah satu jenis plastik yang digunakan untuk pipa dan konstruksi bangunan sehingga sulit di daur ulang. PP adalah jenis plastik yang memiliki ketahanan terhadap reaksi kimia kecuali klorin dan bahan bakar serta tahan uap panas sehingga banyak dipakai pada komponen otomotif, karpet, dan lain-lain. PS adalah jenis plastik yang memiliki kekakuan yang baik dan banyak dipakai menjadi mainan dan alat medis. LDPE adalah jenis plastik yang sering digunakan untuk botol sampo, botol oli dan produk sehari-hari.

3D printer adalah teknologi pembuatan benda dengan kendali computer dengan cara menggabungkan dan memadatkan serbuk atau filamen tanpa adanya proses pemesinan. Pembuatan filamen dibutuhkan ekstruder. Teknologi ini sedang dikembangkan menjadi salah satu bidang industry yang tumbuh hingga mencapai nilai milyaran. Teknologi ekstruder mampu membantu membentuk berbagai bentuk benda hingga bidang medis. Penggunaan 3D printer memerlukan filamen yang terbuat dari plastic dan digunakan sebagai penopang bentuk utama prototype. Masalah utamanya adalah daur ulang yang diperlukan untuk memproduksi filamen agar penggunaan 3D printer menjadi lebih murah. Beberapa penelitian menyebutkan diantaranya adalah (Taufik et al., 2023) yang menggunakan limbah PET dalam penggunaan bahan baku pembuatan filamen 3D dan mesin 3d yang dirancang adalah penggunaan system Arduino untuk kendali mesin pada pengaturan temperature serta kecepatan tarik. (Fajar Ar Rakhman et al., 2022) melakukan pencacahan pada plastik yang akan digunakan untuk membuat filamen dengan merubah biji plastic menjadi filamen dengan titik leleh tertentu. (Auffray et al., 2022) melakukan

produksi filamen PLA dengan desain eksperimen taguchi untuk memperoleh hasil terbaik dan mengujinya menggunakan uji tarik. (Nassar et al., 2019) melakukan perancangan mesin extruder filamen 3d menggunakan kombinasi setting terbaik melalui dari desain, fabrikasi dan operasionalnya. (Maulana et al., 2023) menggunakan single extruder dalam perancangan alat sehingga dapat dihasilkan optimalisasi pada desain mesin tersebut. (Sujana & Wicaksono, 2022) melakukan perancangan alat dengan sistem transmisi menggunakan pulli dan rantai, menggunakan heater untuk mengatur temperatur, bahan baku yang digunakan adalah PP dan PET. (Tya et al., 2020) merancang mesin filamen extruder berbasis Arduino dengan bahan baku biji plastic ABS. Penelitian diatas menjelaskan berbagai macam perancangan mesin extruder sehingga diperoleh hasil yang bisa melengkapi penelitian tentang perancangan mesin tersebut diantaranya adalah mesin rancangan ini menggunakan indicator pemanas yang digunakan sebagai indicator temperature dan uji simulasi tarik untuk mengetahui potensi pada bahan baku yang dihasilkan.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah perancangan alat mesin extruder dan simulasi teknik menggunakan uji tarik pada software solid work. Filamen yang digunakan adalah limbah plastic PET. Bahan yang digunakan untuk merancang mesin adalah motor DC, rantai dan sprocket, baja tahan karat, bantalan dan pengatur temperature. Standar yang digunakan untuk uji tarik adalah ASTM D638 (Anand Kumar & Shivraj Narayan, 2019). Analisis yang digunakan adalah menentukan perbandingan simulasi dan eksperimen pada elemen uji tarik serta depresiasinya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

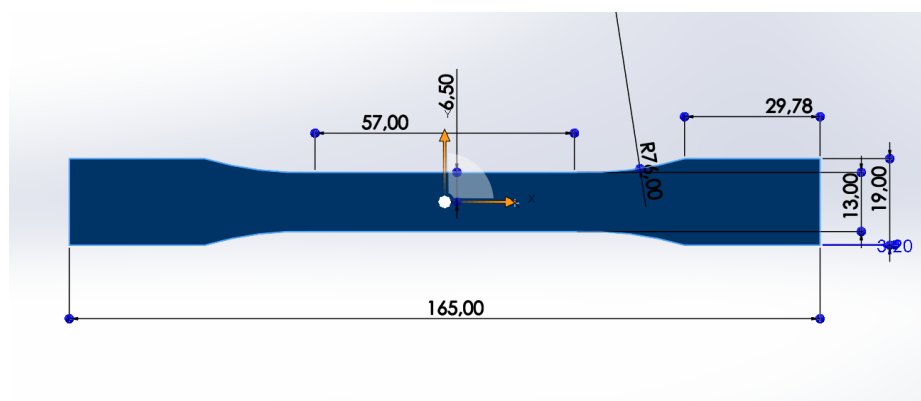
Hasil Perancangan Alat



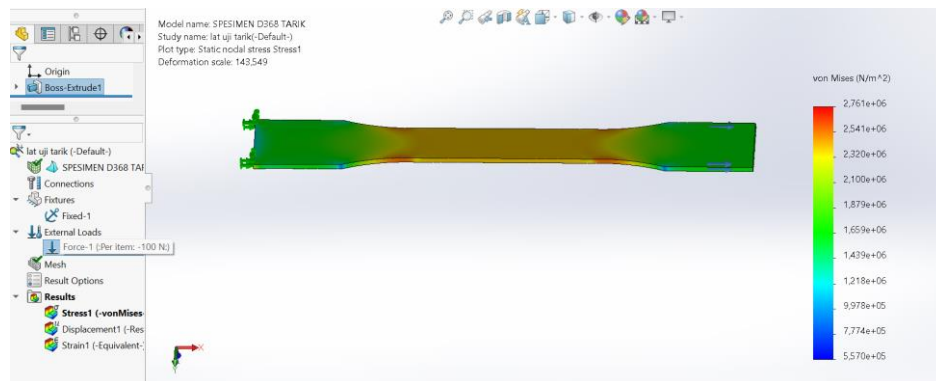
Gambar 1. Alat Extruder Filamen 3D Printing

Hasil Pengujian Tarik

Spesimen sebelum dilakukan pengujian



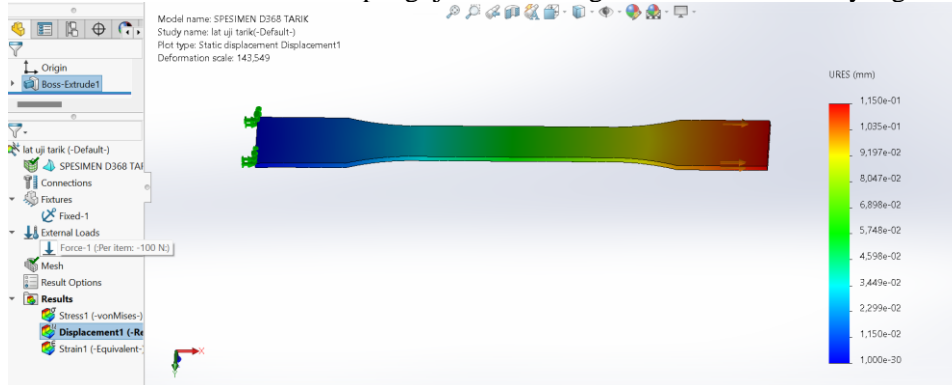
Gambar 2. Spesimen sebelum dilakukan pengujian tarik
 Pada gambar 2 adalah gambar specimen uji Tarik berstandarisasi dengan bentuk dan dimensi sesuai dengan ASTM D638



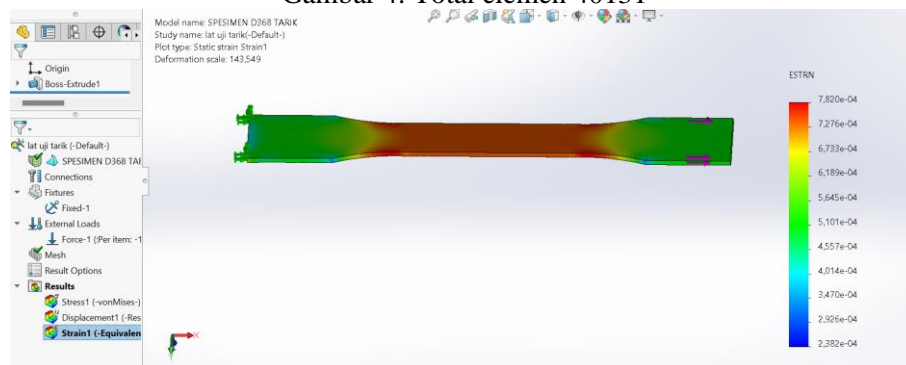
Gambar 3. Spesimen sesudah dilakukan pengujian tarik
 Pada gambar 3 adalah gambar specimen uji Tarik yang dilakukan pengujian dengan simulasi solid works dengan beban 100 N

Pembahasan

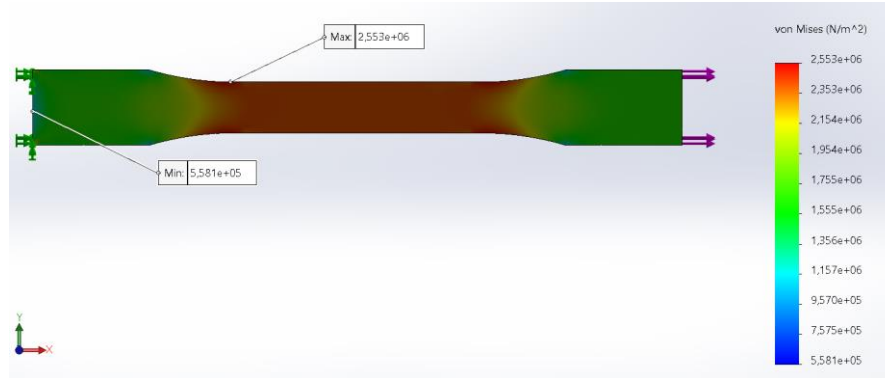
Berikut ini adalah hasil simulasi pengujian tarik dengan nilai total elemen yang berbeda.



Gambar 4. Total elemen 40131



Gambar 5. Total elemen 19258



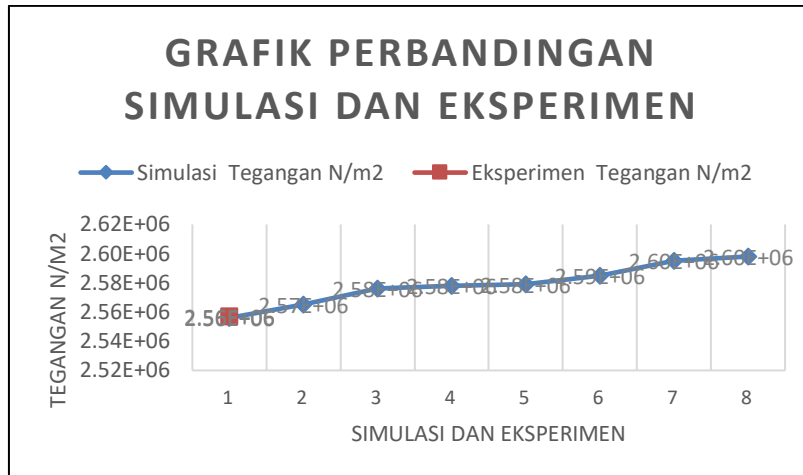
Gambar 6. nilai tegangan

Hasil simulasi pengujian Tarik yang telah dilakukan pada software solidwork dengan ukuran yang berbeda pada total elemen 40131 mendapatkan nilai tegangan $2,556e+06 \text{ N/m}^2$, total elemen 20342 mendapatkan nilai tegangan $2,545e+06 \text{ N/m}^2$, total elemen 24545 mendapatkan nilai tegangan $2,535e+06 \text{ N/m}^2$, total elemen 35655 mendapatkn nilai tegangan $2,525e+06 \text{ N/m}^2$, total elemen 15685 mendapatkan nilai tegangan $2,555e+06 \text{ N/m}^2$, total elemen 15855 mendapatkan nilai tegangan $2,525e+06 \text{ N/m}^2$, total elemen 25455 mendapatkn nilai tegangan $2,515e+06 \text{ N/m}^2$, total elemen 45665 mendapatkn nilai tegangan $2,585e+06 \text{ N/m}^2$. Berikut ini adalah table validasi hasil tegangan simulasi dan eksperimen pada pengujian tarik plastik PET dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini.

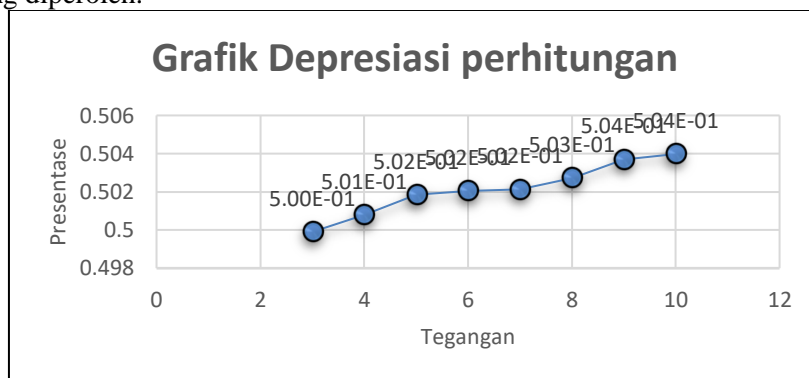
Tabel 1. Validasi Hasil Tegangan Simulasi dan Eksperimen

No	Total elemen	Simulasi Tegangan N/m^2	Eksperimen Tegangan N/m^2	Depresiasi perhitungan
1	40131	2,56E+06	2,56E+06	5,00E-01
2	20342	2,57E+06		5,01E-01
3	24545	2,58E+06		5,02E-01
4	35655	2,58E+06		5,02E-01
5	15685	2,58E+06		5,02E-01
6	15855	2,59E+06		5,03E-01
7	25455	2,60E+06		5,04E-01
8	45665	2,60E+06		5,04E-01

Hasil grafik perbandingan total elemen dan tegangan simulasi pengujian plastic PET dengan variasi total elemen yang berbeda. Dapat dilihat pada gambar 7 dan 8

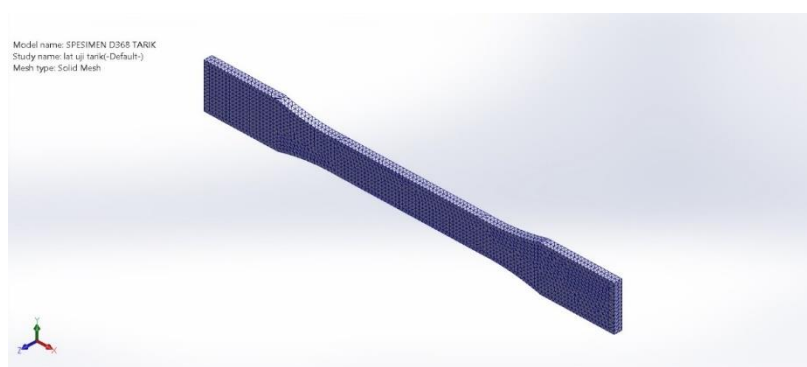


Gambar 7. Grafik perbandingan total elemen dan tegangan simulasi Setelah dilakukan pengujian eksperimen dan simulasi pengujian tarik elemen yang berbeda, mendapatkan hasil bahwa semakin besar nilai total elemen yang didapat maka semakin kecil nilai tegangan yang diperoleh.

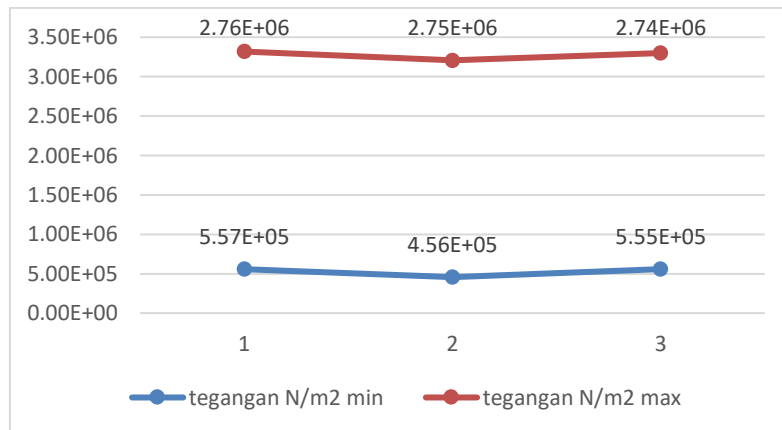


Gambar 8. grafik depresiasi perhitungan

Dari grafik diatas dapat dijumlahkan nilai rata-rata depresiasi dari nilai eksperimen dan simulasi mendapatkan nilai rata-rata 5,02%. Berikut ini adalah contoh gambar mesh dari total elemen 40131 yang sama hasilnya dengan eksperimen.



Gambar 9. Bentuk Variasi Total Elemen



Gambar 10. grafik hasil tegangan min dan max

Pada gambar 10 dihasilkan tegangan minimal dan maksimal dari tiga simulasi dan eksperimen. Dihasilkan perbandingan antara tegangan minimal dan maksimal dengan grafik yang semakin naik pada simulasi pertama dan ketiga walaupun pada simulasi kedua cenderung menurun.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dihasilkan alat mesin ekstruder filamen 3d yang memanfaatkan limbah plastik jenis PET dengan indicator temperature
2. Hasil simulasi pengujian tarik dengan ukuran yang berbeda pada total elemen 40131 mendapatkan nilai tegangan $2,556 \times 10^6$ N/m²
3. Nilai rata-rata depresiasi dari nilai eksperimen dan simulasi mendapatkan nilai rata-rata 5,02%.

DAFTAR PUSTAKA

- Anand Kumar, S., & Shivraj Narayan, Y. (2019). Tensile testing and evaluation of 3D-printed PLA specimens as per ASTM D638 type IV standard. In *Lecture Notes in Mechanical Engineering* (pp. 79–95). Pleiades journals. https://doi.org/10.1007/978-981-13-2718-6_9
- Auffray, L., Gouge, P. A., & Hattali, L. (2022). Design of experiment analysis on tensile properties of PLA samples produced by fused filament fabrication. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 118(11–12), 4123–4137. <https://doi.org/10.1007/s00170-021-08216-7>
- Fajar Ar Rakhman, M. G., Aisyah, S., Toar, H., Studi Mekatronika, P., Elektronika Politeknik Negeri Batam, J., Ahmad Yani, J., Tlk Tering, K., Batam Kota, K., Batam, K., & Kepulauan, P. (2022). Desain Mesin Filament Extruder. *Jurnal Integrasi |*, 145(2), 2548–9828.
- Kurnia, K. A. S., & Hariyanto, B. (n.d.). *Kajian Tentang Pengelolaan Sampah di Indonesia*.
- Lestari, T., Indriastuti, N., Noviatun, A., & Hikmawati, L. (2019). LENTERA: INOVASI PENGOLAHAN SAMPAH PLASTIK DI INDONESIA. *Prosiding Sendi*, 365–371.
- Maulana, A. B., Widodo, E., Fahrudin, A., & Yulianto, S. (2023). Design of a single screw extruder machine for 3d printing filament production application. *SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 17(1), 24. <https://doi.org/10.24853/sintek.17.1.24-30>
- Hakim, M. Z. (2019). Pengelolaan dan Pengendalian Sampah Plastik Berwawasan Lingkungan. *Amanna Gappa*, 27(2). <https://internasional.kompas.com/read/2018/11/21/18465601/sampah-plastik-dunia-dalam-angka>,
- Nassar, A. M., El Farahaty, M. A., Ibrahim, S., & Hassan, Y. R. (2019). Design of 3D filament extruder for Fused Deposition Modeling (FDM) additive manufacturing. *International Design Journal*, 9(4), 55–63.

- Rachmawati, Q., & Herumurti, W. (2015). Pengelolaan Sampah secara Pirolisis dengan Variasi Rasio Komposisi Sampah dan Jenis Plastik. *Jurnal Teknik ITS*, 4(1), 27–29.
- Sujana, I., & Wicaksono, R. A. (2022). Rancang Bangun Alat Ekstruder Dengan Pemanfaatan Limbah Plastik Polypropylene Dan Polyethylene Terephthalate Untuk Menghasilkan Filamen 3D Printing. *Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin*, 3(1), 20–26.
- Taufik, M., Suryani Lubis, G., Ivanto, M., Studi Teknik Mesin, P., Tanjungpura, U., & Hadari Nawawi, J. H. (2023). Rancang Bangun Mesin Pultrusion Pembuat Filamen 3D Printing Berbasis Limbah Plastik Botol PET. In *Lubis & Ivanto* (Vol. 4, Issue 1).
- Teguh Prakoso, A., Davin Arifin, S., Yusril Mahendra, N., Ade Saputra, M. A., & Basri, H. (2022). PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK DALAM PEMBUATAN FILAMEN 3D PRINTER MENGGUNAKAN MESIN EKSTRUSI PADA LAB KONVERSI ENERGI UNIVERSITAS SRIWIJAYA. In *Jurnal Pelita Sriwijaya* (Vol. 1, Issue 2).
- Tya, R. A., Setyoadi, Y., & Burhanudin, A. (2020). RANCANG BANGUN MESIN FILAMENT EXTRUDER YANG BERBASIS ARDUINO MEGA2560 DENGAN HASIL ACRYLONITRILE BUTADIENE STYRENE (ABS). *Science And Engineering National Seminar*, 5, 495–506.
- Verawati, P. (2022). KEBIJAKAN EXTENDED PRODUCER RESPONSIBILITY DALAM PENANGANAN MASALAH SAMPAH DI INDONESIA MENUJU MASYARAKAT ZERO WASTE. *Jurnal Ilmu Hukum Dan Humaniora*, 9(1), 189–197. <https://doi.org/10.31604/justitia.v9i1>