

## POTENSI *NOVELTY* BIDANG *INJECTION MOLD DESIGN*: VISUALISASI PEMETAAN *BIBLIOMETRIC*

Rahman Hakim<sup>1\*</sup>, Widodo<sup>1</sup>, Benny Haddli Irawan<sup>1</sup>, Ahmad Nurasa<sup>1,2</sup>, Amar Makruf<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Program Studi D3 Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Batam

<sup>2</sup> Injection Mold Department, PT. EPSON Batam

\*Corresponding author: hakim@polibatam.ac.id

### Article history

**Received:**

09-06-2020

**Accepted:**

31-12-2020

**Published:**

31-12-2020

Copyright © 2020  
Jurnal Teknologi dan  
Riset Terapan

Open Access

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui arah pengembangan didalam dunia desain Mold & Dies didunia. Penelusuran data dilakukan melalui database science direct dengan menggunakan kata kunci design mold and dies serta dengan batasan pencarian adalah jurnal open access antara tahun 2015 - 2020. Data hasil penelusuran tersebut dianalisa secara komprehensif berdasarkan tahun, nama penerbit, institusi dan negara serta subjek penelitian. Untuk mengolah data tersebut, file dari software mendeley disimpan kedalam format *Reference Manager Format* (.RIS) yang kemudian diolah kedalam software VOSviewer untuk mengetahui peta bibliometrik. Hasil penelitian menunjukkan hasil dimana jumlah publikasi terbanyak di jurnal *procedia manufacturing*. Negara penyumbang publikasi terbanyak hasil penelitian bidang pertanian di benua Eropa yang terindeks di Scopus adalah Jerman. Melalui luaran berupa visualisasi network didapatkan beberapa potensi novelty yang sesuai arah perkembangan penelitian dengan parameter jumlah populasi serta tahun luaran penelitian. Publikasi dengan kesamaan terbanyak dan peluang novelty topik penelitian terdapat pada Cluster 1, yang terdiri dari *Energy Efficiency*, *Decision Process*, *Plastic Materials*, dan *Sustainability*.

**Kata Kunci:** Keterbaruan, Desain Cetakan Plastik, Pemetaan Bibliometric, VOSviewer

### Abstract

*This study aims to determine the direction of development in the world of Mold & Dies design in the world. Data searches were carried out through science direct databases using the keywords design molds and dies and with a search limitation were open access journals between 2015 - 2020. The search results were comprehensively analyzed based on year, publisher's name, institution, and the country as well as research subjects. To process the data, files from the Mendeley software are saved in the Reference Manager Format (.RIS) format which is then processed into the VOSviewer software to find out the bibliometric map. The results showed that the highest number of publications in procedia manufacturing journals. The country contributing the most publications to agricultural research in the European continent indexed in Scopus is Germany. Through the output in the form of network visualization, it is found that several novelty potentials are in line with the direction of the development of the study with the parameters of the number of population and the year of the research output. Publications on the most similarity and chance of novelty on research topics are in Cluster 1, which consists of Energy Efficiency, Decision Process, Plastic Materials, and Sustainability.*

**Keywords:** Novelty, Injection Mold Design, Bibliometric Mapping, VOSviewer

### 1.0 PENDAHULUAN

Kota Batam merupakan salah satu kota yang mempunyai kelebihan geografis di wilayah segitiga emas, Indonesia – Singapura dan Malaysia. Berdasarkan hasil data survey industri yang telah dilakukan oleh BP Batam dan Politeknik Negeri Batam ditahun 2016, yang dimana dari total wilayah 1, sebanyak 406 industri yang ada di kota

Batam, terdapat 55 industri yang bergerak di bidang Mold and Dies. Mulai dari perusahaan yang bergerak dibidang elektronika, pembuatan stop kontak dan kabel [1], sampai pada peralatan dan aksesoris kapal yang terbuat dari plastik.

Tidak hanya sampai disitu saja, pengolahan bahan plastik yang menjadi bahan baku plastic injection molding juga masih banyak dilaksanakan di kota Batam yang dimana tidak sedikit diantaranya merupakan perusahaan asing (PMA). Menurut Benny (2019), pengolahan material plastik jenis ABS membutuhkan perhatian khusus terhadap temperatur produksi guna mendapatkan hasil *surface roughness* yang diinginkan [2]. Sedangkan kualitas dari *surface roughness* pada *mold insert* juga mempengaruhi cacat produksi, baik berupa *Flashes*, maupun *Flow mark* [3][4].

Ditambah lagi, menurut Hakim (2019), pengaturan layout jumlah *cavity* pada *mold insert* juga mempengaruhi dari kualitas hasil produksi massal [5]. Serta penggunaan material logam sebagai bahan baku *mold insert* yang didominasi oleh baja paduan yang mempunyai nilai kekerasan permukaan diatas rata-rata yang mampu menahan besarnya tonase *clamping force* ketika mesin bekerja [6].

Pemenuhan tenaga ahli dikota Batam, sampai saat ini belum bisa dikatakan ideal mengingat banyaknya *lack of knowledge* diantara *engineer* lokal dan mancanegara. Oleh karena itu, tidak sedikit perusahaan yang lebih memilih *engineer* mancanegara untuk mengisi posisi strategis di bidang *design of plastic injection molding*. Dengan memetakan kompetensi diri dan arah perkembangan penelitian tingkat dunia, diharapkan bisa meningkatkan kompetensi *engineer* lokal di tingkat dunia. Pada akhirnya, *lack of knowledge* bisa diminimalisir dan kepercayaan dunia industri kepada *engineer* lokal meningkat sehingga potensi dunia kerja dengan posisi yang strategis bisa terbuka lebar.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui arah sebaran topik penelitian dibidang *design of plastic injection mold* didunia. Ruang lingkup serta data penelitian ini didapatkan pada laman *science direct* dengan *open access publisher* selama kurun waktu 2015-2020 sebagai batasan masalahnya.

Selain arah sebaran yang akan didapatkan, nantinya didapatkan potensi dari *research gap* yang masih belum banyak yang mengerjakan dan sesuai dengan kompetensi kita pada umumnya. Melalui *research gap* tersebut, diharapkan nantinya bisa menjadi *novelty* maupun *research identity* yang melekat pada setiap publikasi kita nantinya.

## 2.0 METODE

Pengolahan data dengan menggunakan metode *bibliometric* dalam ilmu manajemen informasi [7], mendapatkan hasil berupa pola pemanfaatan dokumen,

salah satunya dengan menggunakan kata kunci sebagai salah satu filter pencariannya [8].

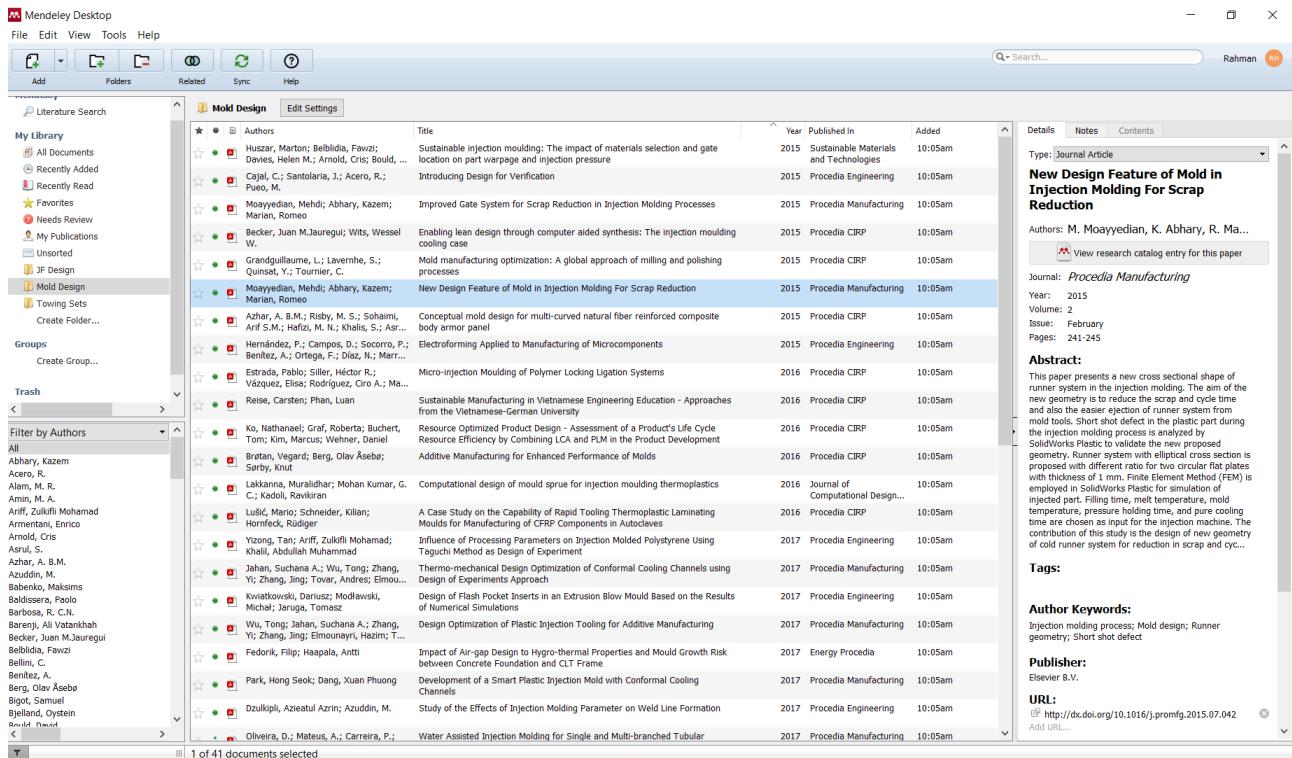
Menurut Van Eck (2010) bibliometrik evaluatif merupakan salah satu alat untuk menilai kinerja penelitian maupun eksperimen dari unit yang lebih kecil seperti kelompok penelitian atau individu dengan menggunakan pendekatan *bottom-up*, yaitu dengan cara mengumpulkan semua publikasi yang relevan dari unit masing-masing dan dikompilasi menjadi data tabulasi yang siap untuk diolah [9].

*Science direct* merupakan salah satu luaran dari *publisher* Elsevier yang paling banyak dirujuk dan disitasi oleh Scopus, Web of Science maupun Copernicus. Database pada laman *science direct* ini memberikan informasi secara komprehensif tentang detail hasil penelitian dibidang ilmu pengetahuan, teknologi, kedokteran, ilmu sosial, seni, dan humaniora. Sebagai salah satu arah rujukan sitasi peneliti tingkat dunia, laman *science direct* ini bisa di cari secara otomatis dengan menggunakan filter berupa bidang ilmu/subjek/kategori, *author*, *publisher*, tahun terbit, maupun *keywords*.

Dalam kurun waktu 2015-2020, berhasil didapatkan dan diolah data dari 60,595 artikel yang ditemukan dari laman *science direct* dengan kata kunci *mold design* mendapatkan hasil akhir sebanyak 41 artikel dari *open access publisher* yang disortir secara manual. Selanjutnya, berdasarkan informasi pada gambar 1, data artikel ini nanti akan diolah didalam *software* Mendeley, yang merupakan salah satu *software references manager* yang *free access* dan *user friendly*.

Data pada *software* Mendeley ini akan disimpan dalam format *Reference Manager Format* (.RIS) yang dimana pada nantinya, *file* dengan format ini nanti yang bisa dibuka pada *software* VOSviewer untuk dirubah menjadi data visual.

Sejak tahun 2010 VOSviewer dikenalkan didunia penelitian, *software* ini menjadi salah satu pertimbangan alternatif alat untuk membangun dan melihat peta *bibliometric*. Salah satunya dengan menggunakan fungsi *text-mining* yang akan digunakan untuk mengolah dan mem-visualisasikan jaringan/hubungan (*co-relation*) dalam suatu pengutipan suatu artikel/terbitan. VOSviewer dapat mengolah dan merepresentasikan informasi, salah satunya berupa *keyword* menjadi peta grafis *bibliometric* yang saling berhubungan dan menguatkan. Melalui VOSviewer kita dapat mendapatkan data visual pada peta *bibliometric* dengan cara yang mudah untuk menafsirkan suatu hubungan dan menarik sebuah kesimpulan [9].



Gambar 1: Kompilasi Data *Research Paper* dari *Open Access Publisher* Bidang *Design of Mold* [10]

### 3.0 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijabarkan tentang perkembangan publikasi hasil penelitian pada bidang *design of mold* dalam rentang waktu antara 2015 – 2020. Terdapat sebanyak 60,595 artikel yang berhasil muncul pada *webpage sciencedirect.com* dengan jumlah artikel dari *open access publisher* yang mempunyai relevansi kuat dengan kata kunci *design of mold* sebanyak 148 *keywords* yang menghasilkan 41 buah artikel ilmiah.

Berdasarkan hasil penelusuran tersebut diatas, menunjukkan bahwasanya perkembangan dunia penelitian dibidang *design of mold* cenderung stabil. Data tersebut dijabarkan pada table 1 berikut ini.

Table 1: Perkembangan Publikasi dari *Open Access Publisher* Bidang *Design of Mold* Berdasarkan Tahun

Tahun Publikasi	Jumlah
2020	1
2019	8
2018	9
2017	9
2016	6
2015	8
<b>Total</b>	<b>41</b>

#### 3.1. Perneriksaan *Open Access Publisher*

Pada table 2, dijelaskan bahwasanya *publisher* yang paling sering digunakan oleh peneliti dunia dibidang *design of mold* adalah *Procedia Manufacturing* yang bertempat di Belanda. Selain mempunyai nilai H-index 18, *publisher* ini juga berada pada peringkat Q2 dengan

SJR 2018 sebesar 0.31 dibidang *industrial and manufacturing engineering*.

Penerbit *Procedia CIRP* juga bertempat di Belanda ini mempunyai nilai H-Index 41 dengan SJR 2018 sebesar 0.73. Sedangkan untuk penerbit *Procedia Engineering* mempunyai nilai H-Index 51 dengan SJR 2018 sebesar 0.28.

Table 2: Tabulasi *Open Access Publisher* Bidang *Design of Mold*

Nama Penerbit Artikel Ilmiah	Jumlah
Procedia Manufacturing [11]	19
Procedia CIRP [12]	10
Procedia Engineering [13]	5
Procedia Structural Integrity [14]	2
Sustainable Materials and Technologies [15]	1
Materials and Design [16]	1
Journal of Computational Design and Engineering [17]	1
Energy Procedia [18]	1
Applied Thermal Engineering [19]	1
<b>Total</b>	<b>41</b>

Berdasarkan identifikasi artikel ilmiah yang telah dijabarkan pada tabel 3, data yang diurutkan dari asal negara dan institusi peneliti didapatkan hasil yang paling banyak dalam hal penelitian dibidang *design of mold* yang dipublikasi pada *Open Access Publisher* adalah di benua

Eropa dan Jerman menduduki peringkat pertama, yang disusul oleh Italia, Spanyol dan Polandia.

Pada benua Asia, Cina menduduki peringkat pertama dalam hal penelitian dibidang *design of mold* yang dipublikasi pada *Open Access Publisher* diwakili oleh Guangdong University of Technology dan Tianjin University.

Pada benua Amerika, Amerika menduduki peringkat pertama dalam hal penelitian dibidang *design of mold* yang dipublikasi pada *Open Access Publisher* yang diwakili oleh Purdue School of Engineering and Technology, The Pennsylvania State University, Lamar University, dan Indiana University-Purdue University.

Pada benua Australia, University of South Australia menduduki peringkat pertama dalam hal penelitian dibidang *design of mold* yang dipublikasi pada *Open Access Publisher* yang selanjutnya diikuti oleh Queensland University of Technology.

### 3.2. Sebaran Data: Peta *Bibliometric*

Pada gambar 2, divisualisasikan dengan menggunakan software VOSviewer dengan hasil sebaran topik penelitian dalam kurun waktu 2015-2020. Terdapat 12 Cluster berdasarkan *keywords: design mold*. Berikut ini akan dijabarkan secara rinci cluster mana saja yang paling banyak diambil oleh peneliti di dunia.

Cluster 1, terdapat sepuluh topik *mold design* diantaranya sebagai berikut untuk luaran ditahun 2015-2017: *apparent viscosity* [20], *gate location* [21], *injection pressure* [21], *warping* [22], *shear thinning index* [20], *sprue bush* [20], sedangkan untuk luaran ditahun 2017-2020 diantaranya sebagai berikut: *sustainability* [23], *eco efficiency* [24], *indicator* [24], *energy efficiency* [25], *plastic materials* [21], *decision process* [26].

Cluster 2, terdapat sepuluh topik *mold design – design* diantaranya sebagai berikut untuk luaran ditahun 2015-2017: *benchmark* [27], dan *dimensional verification* [27],

sedangkan untuk luaran ditahun 2017-2020 diantaranya sebagai berikut: *research experience for teacher* [28], *manufacturing education* [28], *high school* [28], *filling time* [29], *micro fluid* [30], *process monitoring* [30], dan *micro feature* [30].

Cluster 3, terdapat sepuluh topik *mold design – product design* diantaranya sebagai berikut untuk luaran ditahun 2015-2017: *product life cycle management* [31], *resource efficiency* [32], dan *life cycle assesment* [31], sedangkan untuk luaran ditahun 2017-2020 diantaranya sebagai berikut: *mold shot* [29], [33], *transfer molding* [33] dan *semi conductor packaging mold* [33].

Cluster 5, terdapat delapan topik *mold design – topology optimization* diantaranya sebagai berikut untuk luaran ditahun 2015-2017: *conformal cooling optimization* [34], dan *injection tooling* [34], sedangkan untuk luaran ditahun 2017-2020 diantaranya sebagai berikut: *design of additive manufacturing* [35], *wax filament* [36], *investment casting* [36], *pattern design* [37], dan *material extrusion* [36].

Cluster 12, terdapat delapan topik *mold design – topology optimization* diantaranya sebagai berikut untuk luaran ditahun 2017-2020: *fuzzy analytic hierarchy process* [22], *taguchi method* [22], [38], dan *process optimization* [26].

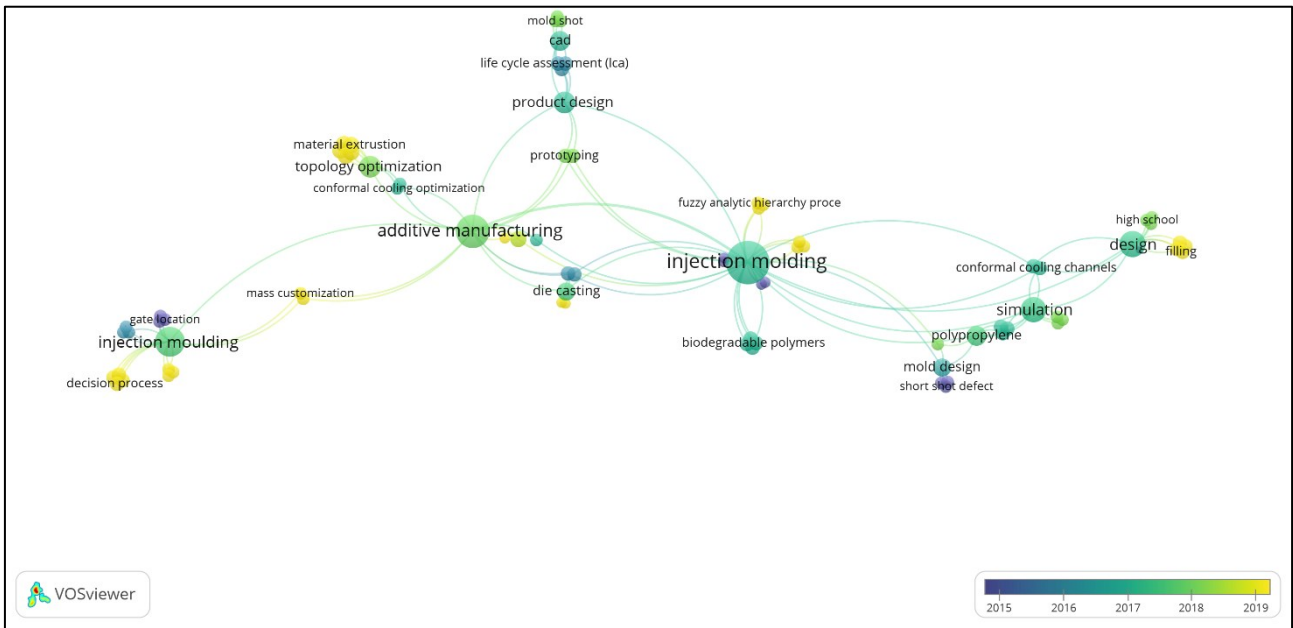
Pada gambar 3, merupakan sebaran topik penelitian berdasarkan densitas dari data *keywords: design mold*. Berdasarkan tampilan warna, semakin berwarna kuning dan rapat, maka semakin banyak yang meneliti. Dalam gambar tersebut terdapat 12 kluster bila disortasi berdasarkan kata kuncinya.

Secara populasi, desain *mold* yang berkaitan dengan CAD, penerapan teknologi *additive manufacturing*, CAE, optimasi topologi serta *life cycle* asesmen saat ini masih banyak diminati untuk diteliti dan dikembangkan oleh peneliti tingkat dunia.

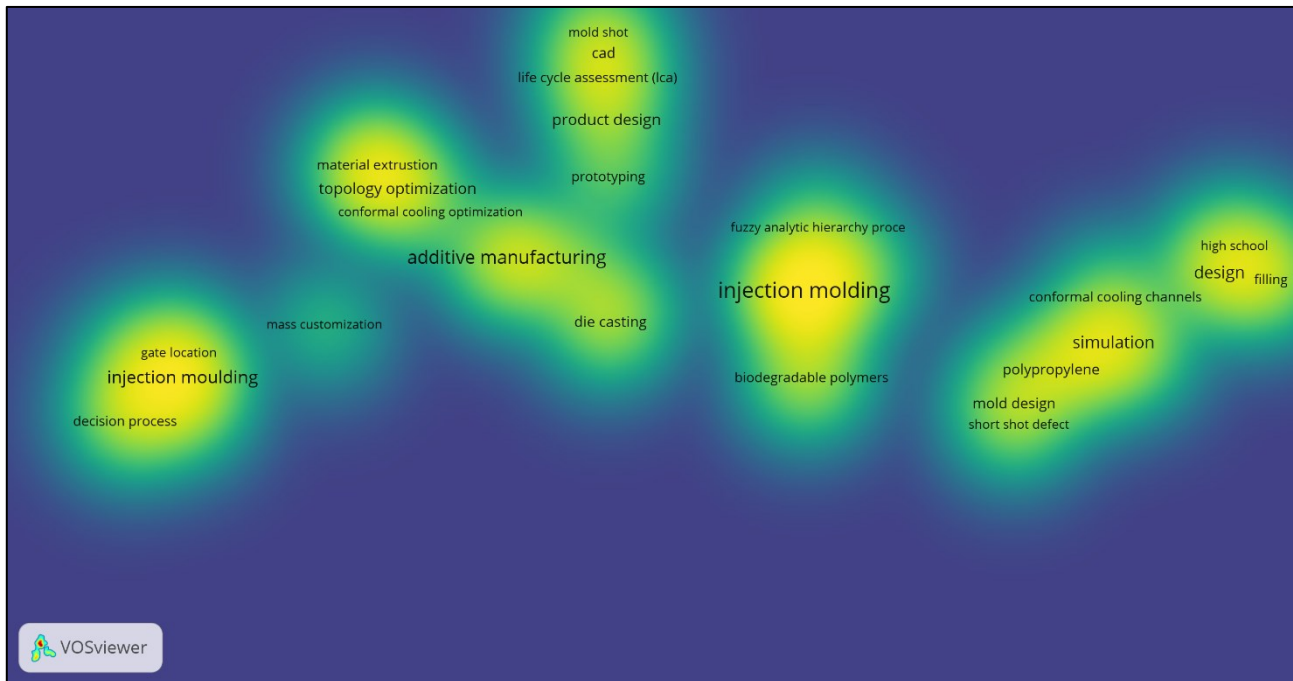
Table 3: Tabulasi Sebaran Peneliti Bidang *Design of Mold*

Benua	Negara	Institusi Peneliti	Jumlah	
Amerika	Amerika	Purdue School of Engineering and Technology [39]	1	
		The Pennsylvania State University [36]	1	
		Lamar University [28]	1	
		Indiana University-Purdue University [34]	1	
	Mexico	Tecnológico de Monterrey [40]	1	
Australia	Australia	University of South Australia [41][29]	2	
		Queensland University of Technology [33]	1	
Eropa	Belanda	University of Twente [42]	1	
	Finlandia	University of Oulu [43]	1	
	Inggris	Swansea University [21]	1	
		University of Bradford [44]	1	
	Italia	University of Cassino and Southern Lazio [45]	1	
		University of Naples Federico II [35]	1	
		University of Brescia [46]	1	
	Irlandia	University of Limerick [47]	1	
		Fraunhofer Institute for Building Physics [31]	1	
	Jerman	Institute for Chemistry, Materials and Product Development [37]	1	
		Friedrich-Alexander-University of Erlangen-Nuremberg [23]	1	
		Technische Universität Chemnitz [24]	1	
		University of Kassel [26]	1	
		Masedonia	Ss Cyril and Methodius University in Skopje [48]	1
		Norwegia	Norwegian University of Science and Technology [49] [50]	2
		Perancis	Univ Paris-Sud [51]	1
	Polandia	Częstochowa University of Technology [52]	1	
		Polytechnic Institute of Leiria [53] [54]	2	
	Portugal	Polytechnic of Porto [55]	1	
		Centro Universitario de la Defensa [27]	1	
Spanyol	University of Las Palmas de Gran Canaria [56]	1		
	Asia	Cina	Guangdong University of Technology [57]	1
Tianjin University [30]			1	
India		National Institute of Technology Karnataka [20]	1	
Jepang		Toyohashi University of Technology [58]	1	
Korea		University of Ulsan [59]	1	
Kuwait		American University of the Middle East [22]	1	
		Universiti Pertahanan Nasional Malaysia [60]	1	
Malaysia		University of Malaya [61]	1	
		Universiti Sains Malaysia [38]	1	
Vietnam		Vietnamese-German University [32]	1	
<b>Total</b>			<b>41</b>	





Gambar 2: Visualisasi Topik Penelitian Kurun Waktu 2015-2020



Gambar 3: Visualisasi Topik Penelitian Kurun Waktu 2015-2020

#### 4.0 KESIMPULAN

Pada paper ini, telah disajikan hasil pengolahan data dari kedua software yang gratis dan *user friendly*, yaitu Mendeley dan VOSviewer. Keunggulan menggunakan VOSviewer ini adalah penyajian data secara otomatis dengan menggunakan algoritma kata kunci dari setiap artikel ilmiah dalam bentuk desain grafik yang atraktif dan menarik untuk disajikan.

Perkembangan penelitian dalam dunia desain *mold*, *plastic injection molding area*, disajikan secara praktis melalui *cluster* jejaring *research topic* pada setiap data. Novelty bisa diambil berdasarkan kompetensi kita sebagai peneliti yang berkaitan dengan bidang rancang

bangun dan simulasi, penerapan teknologi *additive manufacturing*, optimasi topologi serta *life cycle asesmen*. Kami yakin dengan hadirnya visualisasi data yang telah kami sajikan ini, akan banyak peneliti lokal untuk mengisi *research gap* di bidang rancang bangun *plastic injection mold*, tentunya akan lebih bersaing dengan peneliti tingkat dunia dengan *Scopus*, *Web of Science* maupun *Copernicus* sebagai *indexing* nya. Sehingga kemandirian teknologi dan kemajuan bangsa bisa diraih dan dikembangkan secara massive dan terarah.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh Mold and Dies Center of Excellent, Politeknik Negeri Batam bekerjasama dengan Departemen Injection Mold PT. EPSON Batam dalam Program Teaching Industry.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Yanto, I. Saputra, and S. W. Satoto, "Analisa Pengaruh Temperatur dan Tekanan Injeksi Moulding Terhadap Cacat Produk," *J. Integr.*, vol. 10, no. 1, pp. 1–6, 2018.
- [2] B. H. Irawan, R. Hakim, H. Widiastuti, D. Kamsyah, and B. Sahputra, "Pengaruh Temperatur Nozzle Dan Base Plate Pada Mesin Leapfrog Creatr 3D Printer Terhadap Density Dan Surface," *J. Teknol. dan Ris. Terap.*, vol. 1, no. 1, pp. 32–37, 2019.
- [3] H. Widiastuti, S. E. Surbakti, F. Restu, M. H. Albana, and Ihsan, "Identifikasi Cacat Produk Dan Kerusakan Mold Pada Proses," *J. Teknol. dan Ris. Terap.*, vol. 1, no. 2, pp. 76–80, 2019.
- [4] A. S. B. Siallagan, F. Restu, and R. Hakim, "Experimental Study: Surface Roughness Analysis on Insert Molds with Grinding Wheel Types Variant," in *Proceeding of Ocean, Mechanical and Aerospace -Science and Engineering-*, 2018, vol. 5, no. 1, pp. 9–11.
- [5] R. Hakim, "Desain Cetakan Plastik Multi Cavity Dengan Sistem Intercangeable Mold Insert," *J. Simetris*, vol. 11, no. 1, pp. 23–30, 2020.
- [6] I. Wijayanti, R. Hakim, and Widodo, "Studi Experimen Mula: Analisa Kekasaran Permukaan Baja ST 37 Terhadap Variasi Kuat Arus Listrik," *J. Teknol. dan Ris. Terap.*, vol. 1, no. 2, pp. 61–65, 2019.
- [7] I. Hamidah, Sriyono, and M. N. Hudha, "A Bibliometric Analysis of Covid-19 Research using VOSviewer," *Indones. J. Sci. Technol.*, vol. 5, no. 2, pp. 209–216, 2020.
- [8] T. Tupan, "Pemetaan Bibliometrik Dengan Vosviewer Terhadap Perkembangan Hasil Penelitian Bidang Pertanian Di Indonesia," *Visi Pustaka*, vol. 18, no. 3, pp. 217–230, 2016.
- [9] N. J. van Eck and L. Waltman, "Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping," *Scientometrics*, vol. 84, no. 2, pp. 523–538, 2010.
- [10] Elsevier, "Science Direct Webpage," 2020. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/>. [Accessed: 04-Jun-2020].
- [11] Elsevier, "Procedia Manufacturing," 2020. [Online]. Available: <https://www.journals.elsevier.com/procedia-manufacturing>. [Accessed: 08-Jun-2020].
- [12] Elsevier, "Procedia CIRP," 2020. .
- [13] Elsevier, "Procedia Engineering," 2020. [Online]. Available: <https://www.journals.elsevier.com/procedia-engineering>. [Accessed: 08-Jun-2020].
- [14] "Journal Elsevier: Procedia Structural Integrity," 2020. [Online]. Available: <https://www.journals.elsevier.com/procedia-structural-integrity>. [Accessed: 08-Jun-2020].
- [15] Elsevier, "Sustainable Materials and Technologies," 2020. [Online]. Available: <https://www.journals.elsevier.com/sustainable-materials-and-technologies>. [Accessed: 08-Jun-2020].
- [16] Elsevier, "Materials and Design," 2020. [Online]. Available: <https://www.journals.elsevier.com/Materials-and-Design>. [Accessed: 08-Jun-2020].
- [17] Elsevier, "Journal of Computational Design and Engineering," 2020. [Online]. Available: <https://www.journals.elsevier.com/journal-of-computational-design-and-engineering>.
- [18] Elsevier, "Energy Procedia," 2020. [Online]. Available: <https://www.journals.elsevier.com/energy-procedia>. [Accessed: 08-Jun-2020].
- [19] Elsevier, "Applied Thermal Engineering," 2020. [Online]. Available: <https://www.journals.elsevier.com/Applied-Thermal-Engineering>. [Accessed: 08-Jun-2020].
- [20] M. Lakkanna, G. C. Mohan Kumar, and R. Kadoli, "Computational design of mould sprue for injection moulding thermoplastics," *J. Comput. Des. Eng.*, vol. 3, no. 1, pp. 37–52, 2016.
- [21] M. Huszar, F. Belblidia, H. M. Davies, C. Arnold, D. Bould, and J. Sienz, "Sustainable injection moulding: The impact of materials selection and gate location on part warpage and injection pressure," *Sustain. Mater. Technol.*, vol. 5, pp. 1–8, 2015.
- [22] M. Moayyedian and A. Mamedov, "Multi-objective optimization of injection molding process for determination of feasible moldability index," *Procedia CIRP*, vol. 84, pp. 769–773, 2019.
- [23] P. Heisler, S. D. Gick, and J. Franke, "The way to a simple and environment-friendly production design of complex foam parts - Innovative solutions for the polyurethane manufacturing industry," *Procedia Manuf.*, vol. 17, pp. 579–586, 2018.
- [24] U. Gotze, P. Pecas, and F. Richter, "Design for eco-efficiency – a system of indicators and their application to the case of moulds for injection moulding," *Procedia Manuf.*, vol. 33, pp. 304–311, 2019.
- [25] D. Tabakajew and W. Homberg, "Increasing the efficiency of hot mandrel bending of pipe elbows," *Procedia Eng.*, vol. 207, pp. 2310–2315, 2017.
- [26] H. Dunkelberg, T. Wei, and F. Mazurek,

- “Energy- And ecologically-oriented selection of plastic materials,” *Procedia Manuf.*, vol. 33, pp. 240–247, 2019.
- [27] C. Cajal, J. Santolaria, R. Acero, and M. Pueo, “Introducing Design for Verification,” *Procedia Eng.*, vol. 132, pp. 772–779, 2015.
- [28] W. Zhu *et al.*, “Engineering Design and Manufacturing Education through Research Experience for High School Teachers,” *Procedia Manuf.*, vol. 26, pp. 1340–1348, 2018.
- [29] M. Moayyedian, K. Abhary, and R. Marian, “New Design Feature of Mold in Injection Molding For Scrap Reduction,” *Procedia Manuf.*, vol. 2, no. February, pp. 241–245, 2015.
- [30] H. Zhang, F. Fang, M. D. Gilchrist, and N. Zhang, “Precision replication of micro features using micro injection moulding: Process simulation and validation,” *Mater. Des.*, vol. 177, p. 107829, 2019.
- [31] N. Ko, R. Graf, T. Buchert, M. Kim, and D. Wehner, “Resource Optimized Product Design - Assessment of a Product’s Life Cycle Resource Efficiency by Combining LCA and PLM in the Product Development,” *Procedia CIRP*, vol. 57, pp. 669–673, 2016.
- [32] C. Reise and L. Phan, “Sustainable Manufacturing in Vietnamese Engineering Education - Approaches from the Vietnamese-German University,” *Procedia CIRP*, vol. 40, pp. 341–346, 2016.
- [33] M. R. Alam, M. A. Amin, and M. A. Karim, “A Computer-aided Mold Design for Transfer Molding Process in Semiconductor Packaging Industry,” *Procedia Manuf.*, vol. 21, no. 2017, pp. 733–740, 2018.
- [34] T. Wu, S. A. Jahan, Y. Zhang, J. Zhang, H. Elmounayri, and A. Tovar, “Design Optimization of Plastic Injection Tooling for Additive Manufacturing,” *Procedia Manuf.*, vol. 10, pp. 923–934, 2017.
- [35] F. Fiorentini, P. Curcio, E. Armentani, C. Rosso, and P. Baldissera, “Study of two alternative cooling systems of a mold insert used in die casting process of light alloy components,” *Procedia Struct. Integr.*, vol. 24, pp. 569–582, 2019.
- [36] J. Wang, S. R. Sama, P. C. Lynch, and G. Manogharan, “Design and topology optimization of 3D-printed wax patterns for rapid investment casting,” *Procedia Manuf.*, vol. 34, pp. 683–694, 2019.
- [37] M. Lušić, K. Schneider, and R. Hornfeck, “A Case Study on the Capability of Rapid Tooling Thermoplastic Laminating Moulds for Manufacturing of CFRP Components in Autoclaves,” *Procedia CIRP*, vol. 50, pp. 390–395, 2016.
- [38] T. Yizong, Z. M. Ariff, and A. M. Khalil, “Influence of Processing Parameters on Injection Molded Polystyrene Using Taguchi Method as Design of Experiment,” *Procedia Eng.*, vol. 184, pp. 350–359, 2017.
- [39] S. A. Jahan, T. Wu, Y. Zhang, J. Zhang, A. Tovar, and H. Elmounayri, “Thermo-mechanical Design Optimization of Conformal Cooling Channels using Design of Experiments Approach,” *Procedia Manuf.*, vol. 10, pp. 898–911, 2017.
- [40] P. Estrada, H. R. Siller, E. Vázquez, C. A. Rodríguez, O. Martínez-Romero, and R. Corona, “Micro-injection Moulding of Polymer Locking Ligation Systems,” *Procedia CIRP*, vol. 49, pp. 1–7, 2016.
- [41] M. Moayyedian, K. Abhary, and R. Marian, “Improved Gate System for Scrap Reduction in Injection Molding Processes,” *Procedia Manuf.*, vol. 2, no. February, pp. 246–250, 2015.
- [42] J. M. J. Becker and W. W. Wits, “Enabling lean design through computer aided synthesis: The injection moulding cooling case,” *Procedia CIRP*, vol. 37, pp. 260–264, 2015.
- [43] F. Fedorik and A. Haapala, “Impact of Air-gap Design to Hygro-thermal Properties and Mould Growth Risk between Concrete Foundation and CLT Frame,” *Energy Procedia*, vol. 132, pp. 117–122, 2017.
- [44] M. Babenko, J. Sweeney, P. Petkov, F. Lacan, S. Bigot, and B. Whiteside, “Evaluation of heat transfer at the cavity-polymer interface in microinjection moulding based on experimental and simulation study,” *Appl. Therm. Eng.*, vol. 130, pp. 865–876, 2018.
- [45] C. Bellini and L. Sorrentino, “Mould design for manufacturing of isogrid structures in composite material,” *Procedia Struct. Integr.*, vol. 9, pp. 172–178, 2018.
- [46] D. Tomasoni, S. Colosio, L. Giorleo, and E. Ceretti, “Design for Additive Manufacturing: Thermoforming Mold Optimization via Conformal Cooling Channel Technology,” *Procedia Manuf.*, vol. 47, pp. 1117–1122, 2020.
- [47] C. Whlean and C. Sheahan, “Using additive manufacturing to produce injection moulds suitable for short series production,” *Procedia Manuf.*, vol. 38, pp. 60–68, 2019.
- [48] I. Mircheski, A. Łukaszewicz, and R. Szczebiot, “Injection process design for manufacturing of bicycle plastic bottle holder using CAx tools,” *Procedia Manuf.*, vol. 32, pp. 68–73, 2019.
- [49] C. Kriesi, O. Bjelland, and M. Steinert, “Fast and iterative prototyping for injection molding - A case study of rapidly prototyping,” *Procedia Manuf.*, vol. 21, no. 2351, pp. 205–212, 2018.
- [50] V. Brøtan, O. Å. Berg, and K. Sørby, “Additive Manufacturing for Enhanced Performance of Molds,” *Procedia CIRP*, vol. 54, pp. 186–190, 2016.
- [51] L. Grandguillaume, S. Lavernhe, Y. Quinsat, and C. Tournier, “Mold manufacturing optimization:



- A global approach of milling and polishing processes,” *Procedia CIRP*, vol. 31, pp. 13–18, 2015.
- [52] D. Kwiatkowski, M. Modłowski, and T. Jaruga, “Design of Flash Pocket Inserts in an Extrusion Blow Mould Based on the Results of Numerical Simulations,” *Procedia Eng.*, vol. 177, pp. 127–134, 2017.
- [53] D. Oliveira, A. Mateus, P. Carreira, F. Simões, and C. Malça, “Water Assisted Injection Molding for Single and Multi-branched Tubular Components,” *Procedia Manuf.*, vol. 12, no. December 2016, pp. 141–149, 2017.
- [54] C. Santos, A. Mateus, A. Mendes, and C. Malça, “Processing and Characterization of Thin Wall and Biodegradable Injected Pots,” *Procedia Manuf.*, vol. 12, no. December 2016, pp. 96–105, 2017.
- [55] R. C. N. Barbosa, R. D. S. G. Campilho, and F. J. G. Silva, “Injection mold design for a plastic component with blowing agent,” *Procedia Manuf.*, vol. 17, pp. 774–782, 2018.
- [56] P. Hernández *et al.*, “Electroforming Applied to Manufacturing of Microcomponents,” *Procedia Eng.*, vol. 132, pp. 655–662, 2015.
- [57] Z. Li, L. Liu, A. V. Barenji, and W. Wang, “Cloud-based Manufacturing Blockchain: Secure Knowledge Sharing for Injection Mould Redesign,” *Procedia CIRP*, vol. 72, pp. 961–966, 2018.
- [58] R. Tasaki, H. Seno, and K. Terashima, “Process design and control of greensand mold press casting using estimation of metal filling behavior,” *Procedia Manuf.*, vol. 15, pp. 443–450, 2018.
- [59] H. S. Park and X. P. Dang, “Development of a Smart Plastic Injection Mold with Conformal Cooling Channels,” *Procedia Manuf.*, vol. 10, pp. 48–59, 2017.
- [60] A. B. M. Azhar, M. S. Risby, A. S. M. Sohaimi, M. N. Hafizi, S. Khalis, and S. Asrul, “Conceptual mold design for multi-curved natural fiber reinforced composite body armor panel,” *Procedia CIRP*, vol. 37, pp. 95–100, 2015.
- [61] A. A. Dzulkipli and M. Azuddin, “Study of the Effects of Injection Molding Parameter on Weld Line Formation,” *Procedia Eng.*, vol. 184, pp. 663–672, 2017.