

Rancangan Perbaikan Tata Letak Penyimpanan Rak Gudang Menggunakan Pendekatan *Fuzzy Algorithm* Dengan Menerapkan *Pigeonhole Development* Untuk Meningkatkan Utilitas Rak Gudang (Studi Kasus: Gudang Barang Habis Pakai Fakultas Rekayasa Industri)

1st Dinda Raisa Bilqisti
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

dindaraisabilqisi@telkomuniversity.ac.id

2nd Erlangga Bayu Setyawan
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

erlanggabs@telkomuniversity.ac.id

3rd Nia Novitasari
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

prambudia@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—Fakultas Rekayasa Industri merupakan fakultas dibawah naungan Universitas Telkom. Dengan memiliki 3 program studi, Fakultas Rekayasa Industri menyelenggarakan kegiatan perkuliahan yang mencakup teori dan praktikum, didukung oleh lebih dari 30 laboratorium. Gudang barang habis pakai merupakan salah satu asset milik Fakultas Rekayasa Industri yang berisikan barang-barang untuk menunjang kebutuhan perkuliahan dan laboratorium. Meskipun manajemen teknis staff laboratorium berjalan lancar, gudang barang habis pakai menghadapi tantangan dalam pengelolaan gudang, khususnya tata letak pada barangnya. Dalam proses tata letak barang pada gudang, staf laboratorium hanya menempatkan barang secara acak karena sebelumnya tidak memiliki pengetahuan tentang pergudangan. Banyaknya *space* pada rak yang tidak efisien dan optimal, menyebabkan utilitas gudang di bawah standar, mencapai hanya 51% daripada standar minimal 90%. Penelitian ini bertujuan untuk merancang lokasi penyimpanan yang optimal di gudang barang habis pakai agar dapat meningkatkan utilitas gudang, khususnya dengan menggunakan *pigeonhole development*. Selanjutnya, penelitian ini akan membandingkan kondisi aktual dengan kondisi setelah implementasi perbaikan perancangan alokasi gudang. Manfaat dari penelitian meningkatkan efisiensi dan efektivitas pengelolaan gudang barang habis pakai. Kontribusi penelitian ini terletak pada implementasi pendekatan *fuzzy algorithm* sebagai solusi untuk meningkatkan kondisi gudang dan penggunaan *pigeonhole*. Diharapkan, hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat dalam mengatasi kekurangan pada gudang barang habis pakai di Fakultas Rekayasa Industri.

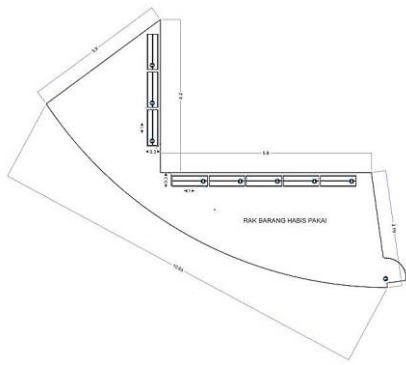
Kata kunci— Gudang, Tata Letak, utilitas, *Fuzzy Algorithm*, *Pigeonhole Development*.

I. PENDAHULUAN

Fakultas Rekayasa Industri merupakan fakultas dibawah naungan Universitas Telkom. Dalam menjalankan aktivitas perkuliahan di Fakultas Rekayasa Industri, mahasiswa melakukan aktivitas pembelajaran dengan teori dan praktikum. Dalam menjalankan aktivitas praktikum dilakukan di laboratorium. Untuk memantau kegiatan dan aset laboratorium, Fakultas Rekayasa Industri memiliki satuan unit laboratorium yang didalamnya terdapat laboran.

Pengelolaan yang dilakukan laboran secara teknis berjalan dengan lancar karena kegiatan praktikum maupun riset dapat terlaksana dengan baik. Akan tetapi, dalam melakukan pengeolaan aset masih terdapat banyak kekurangan. Aset yang dikelola oleh laboran disimpan pada gudang barang habis pakai. Gudang barang habis pakai ini berisikan khususnya alat tulis kantor (ATK) untuk keperluan kegiatan praktikum. Salah satu tantangan utama adalah belum adanya sistem pencatatan yang terstruktur untuk setiap barang. Tidak adanya pencatatan barang ini mengakibatkan kesulitan dalam melacak keberadaan, jumlah, dan pergerakan barang. Barang-barang seringkali tercecer dan sulit ditemukan, sehingga menghambat proses pengambilan barang saat dibutuhkan. Selain itu, utilitas rak penyimpanan yang kurang optimal juga menyebabkan pemborosan ruang dan kesulitan dalam mengakses barang yang berada di bagian belakang rak. Akibatnya, barang menjadi tidak teratur dalam peletakkannya dan efisiensi kerja dalam pengelolaan gudang menjadi terganggu.

Gudang barang habis pakai memiliki 61 SKU dengan 77 total barang. Memiliki 5 rak dengan 5 tingkatan level dengan ukuran panjang x tinggi x lebar yaitu 1 m x 0,39 m x 0,46 m. Total luas gudang yaitu 24,236 m² dengan luas rak gudang per 1 level yaitu 0,1794 m². Luas gudang barang habis pakai dapat dilihat pada Gambar I.1



GAMBAR I.1
LAYOUT GUDANG BHP

Penggunaan rak dalam menyimpan barang di gudang barang habis pakai memiliki banyak kekurangan, hal ini terjadi karena pengoptimalan runag penyimpanan yang tidak maksimal, Utilitas rak gudang melibatkan pengoptimalan ruang penyimpanan, meminimalkan area yang tidak terpakai, dan memastikan barang-baarang disimpan dapat memudahkan dalam aktivitas gudang.

Data persentase penggunaan rak pada gudang barang habis pakai dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah:

TABEL I. 1
PERSENTASE UTILITAS RAK GUDANG

| | Rak A | Rak B | Rak C | Rak D | Rak E |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Level 5 | 97% | 97% | 97% | 92% | 97% |
| Level 4 | 5% | 44% | 39% | 24% | 15% |
| Level 3 | 58% | 53% | 68% | 53% | 39% |
| Level 2 | 24% | 10% | 46% | 87% | 24% |
| Level 1 | 83% | 2% | 19% | 90% | 15% |
| Average | 53% | 41% | 54% | 69% | 38% |

Grafik perbandingan persentase utilitas rak gudang dapat dilihat pada Gambar I.2



GAMBAR I.2
PERBANDINGAN UTILITAS

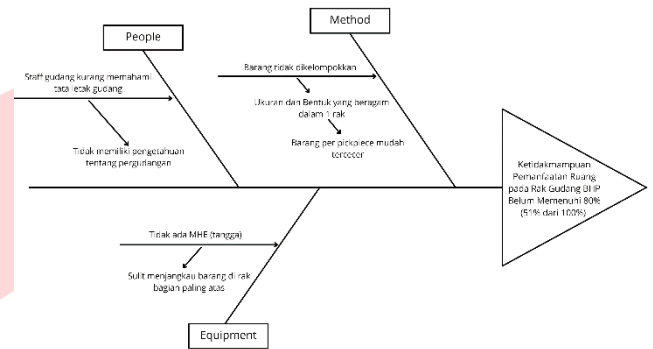
Pada Tabel I.1 dan Gambar I.2 diatas merupakan persentase utilitas rak gudang yang didapatkan menggunakan rumus :

$$Rack\ Utility = \left(\frac{Volume\ of\ Goods\ Stored}{Total\ Shelf\ Volume} \right) \times 100\% \quad (1)$$

$$Rack\ Utility = 51\%$$

Menurut (Richards, 2014) minimum utilitas rak gudang yang ideal adalah 80%. Hal ini akan memaksimalkan penggunaan ruang penyimpanan pada rak gudang [1]. Selanjutnya, dapat diketahui bahwa kapasitas rak gudang masih memiliki gap antara kapasitas maksimal dan kapasitas terpakai. Artinya, masih banyak persentase kekurangan yang harus dicapai untuk memenuhi kapasitas rak pada gudang barang habis pakai Fakultas Rekayasa Industri.

Analisis faktor yang menyebabkan terjadinya meningkatkan biaya transportasi digambarkan dengan diagram tulang ikan berikut:



GAMBAR I. 3
FISHBONE DIAGRAM

II. KAJIAN TEORI

A. Gudang

Gudang adalah bagian dari sistem logistic dan manajemen rantai pasok (*supply chain management*) yang mempunyai peranan penting sebagai tempat penyimpanan barang dalam bisnis dan industry. Gudang dapat bervariasi dari ukuran kecil hingga besar dan memiliki berbagai tingkat kompleksitas. Peran gudang meliputi penyimpanan yang strategis, pengelolaan aliran barang, serta bertindak sebagai pusat distribusi dalam manajemen persediaan dan rantai pasokan. Dengan bantuan integrasi teknologi, gudang dapat memantau persediaan secara efektif dan memperbaiki kinerja bisnis serta rantai pasokan secara keseluruhan [2].

B. Tata Letak Gudang

Tata letak gudang adalah sebuah desain yang mencoba meminimalkan biaya total dengan mencari panduan yang terbaik antara luas ruang dan penanganan bahan. Tujuan tata letak gudang (*warehouse layout*) adalah untuk menemukan titik optimal diantara biaya penanganan bahan dan biaya-biaya yang berkaitan dengan luas ruang dalam gudang. Tata letak gudang yang efektif juga meminimalkan kerusakan bahan dalam gudang [3].

C. Algoritma Fuzzy

Algoritma *Fuzzy* adalah sebuah pendekatan yang dikembangkan untuk menangani konsep nilai kebenaran yang bersifat parsial, mencakup rentang dari benar mutlak hingga salah mutlak. Algoritma fuzzy telah menjadi metode penting untuk mengatasi ketidakpastian dari suatu masalah nyata [4].

D. *Bayesian Convolutional Neural Network (BCNN)*

Bayesian Convolutional Neural Network (BCNN) adalah metode pengajaran mesin yang menggabungkan metode Bayesian ke dalam arsitektur *Convolutional Neural Networks (CNN)* untuk memperhitungkan ketidakpastian dalam model prediksi. Dengan menerapkan metode ini, BCNN dapat mengoptimalkan operasi pergudangan dengan lebih baik dan mengurangi risiko kesalahan dalam berbagai kondisi data yang tidak pasti.

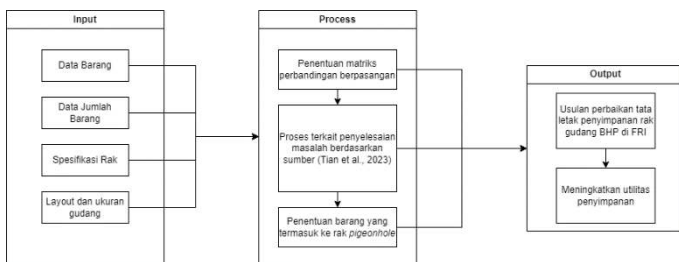
E. *Pigeonhole Development*

Dalam istilah pergudangan, *pigeonhole* adalah rak yang memiliki banyak sekat kecil yang digunakan untuk menyimpan barang-barang yang biasanya berukuran kecil. Sistem ini meningkatkan efisiensi ruang, kemudahan akses, dan keteraturan. *Pigeonhole* terbuat dari kayu, logam, atau plastik, dan memiliki banyak sekat kecil dengan ukuran yang sama. Setiap sekat memiliki label untuk memudahkan mengidentifikasi isi, dan mereka sering digunakan untuk menyimpan barang yang sering diakses. [5]

III. METODE

A. Kerangka Berpikir

Metode pada penelitian ini terbagi menjadi tiga tahap berdasarkan metode perancangan.

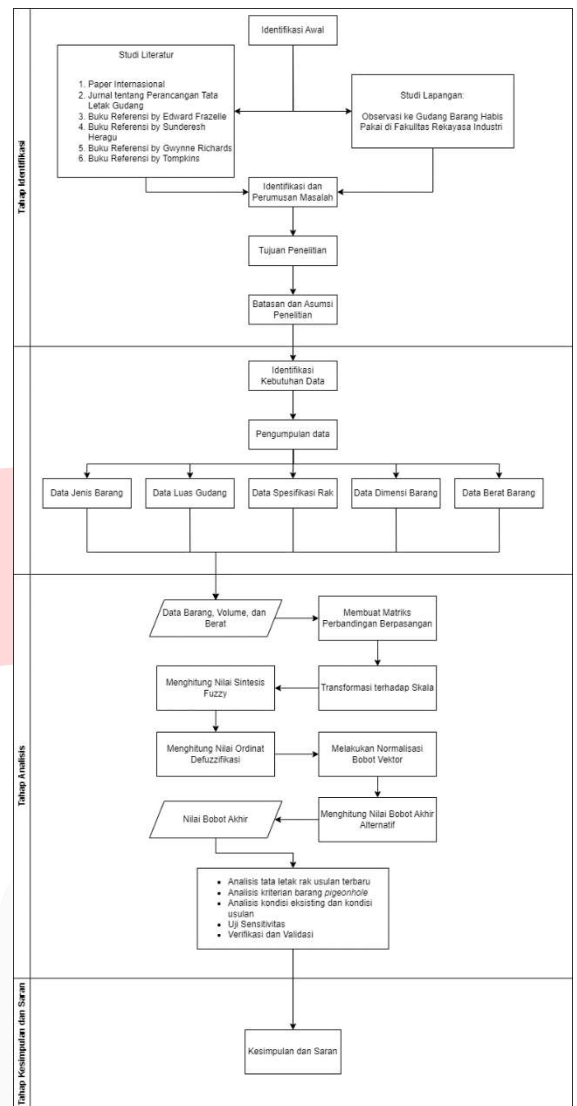


GAMBAR III. 1 KERANGKA BERPIKIR

Berdasarkan Gambar III.1 diketahui bahwa dalam melakukan penelitian ini terdapat 3 tahapan. Pada tahapan input, bagian ini mencakup data-data yang diperlukan untuk melakukan proses perbaikan tata letak rak gudang. Pada tahapan proses, bagian ini melibatkan penerapan strategi berdasarkan paper yang berjudul *Medicine-Shelf Matching Strategy Based on Bayesian Convolutional Neural Network with Fuzzy Analytic Hierarchy Process* (Tian et al., 2023). Metode ini mengkombinasikan pendekatan *Fuzzy AHP* untuk membantu dalam pengambilan keputusan pencocokkan. Lalu pada tahapan output, bagian ini merupakan hasil yang meliputi dua output utama yaitu usulan perbaikan tata letak penyimpanan rak gudang barang habis pakai dan peningkatan utilitas penyimpanan dengan efisiensi penggunaan ruang penyimpanan di rak gudang.

B. Sistematika Penyelesaian Masalah

Berikut merupakan sistematika penyelesaian masalah yang berisi Langkah-langkah pemecahan masalah dalam perancangan tata letak gudang:

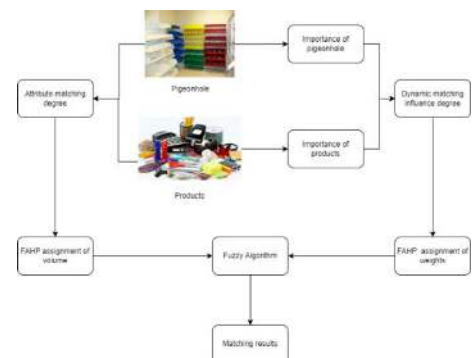


GAMBAR III. 2 SISTEMATIKA PENYELESAIAN MASALAH

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Penyelesaian Menggunakan Algoritma Fuzzy

Alur kerja yang kompleks dalam proses pencocokan dan pengaturan barang menggunakan pigeonhole di gudang dengan pendekatan *Fuzzy Algorithm* dan *Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP)*. Hal ini untuk mengoptimalkan penyimpanan dan akses barang-barang ATK. Proses ini mempertimbangkan berbagai faktor seperti pentingnya barang dan pigeonhole, serta kecocokan atribut untuk mencapai hasil penyimpanan yang efisien dan efektif.



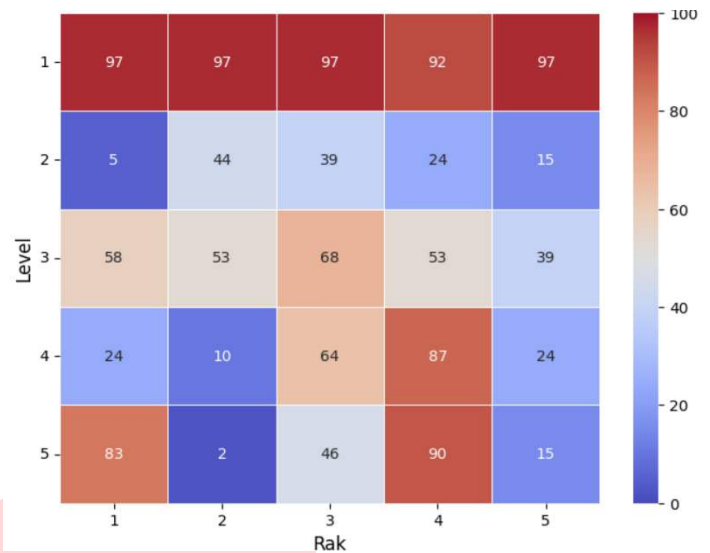
GAMBAR IV. 1 FLOWCHART ALGORITMA FUZZY AHP

B. Data Pengamatan

Dikarenakan minimnya informasi yang didapatkan dari gudang barang habis pakai, peneliti melakukan observasi dan wawancara langsung mengenai data yang dapat diolah. Data pengamatan dapat dilihat pada Tabel IV.1.

TABEL IV. 1
DATA BARANG

| No | Barang | Volume | Berat | Lokasi Eksisting |
|----|-----------------|--------|-------|------------------|
| 1 | Spidol Snowman | 256 | 250 | Rak A Level 3 |
| 2 | Puplen Snowman | 256 | 170 | Rak A Level 3 |
| 3 | Pulpen faster | 256 | 145 | Rak A Level 3 |
| 4 | Pulpen Standard | 256 | 120 | Rak A Level 3 |
| 5 | Spidol Warna | 447.95 | 150 | Rak A Level 3 |
| 6 | USB Vention | 560 | 75 | Rak A Level 4 |
| 7 | USB Ugreen | 115.5 | 90 | Rak A Level 4 |
| - | - | - | - | - |
| - | - | - | - | - |



GAMBAR IV. 2
HEATMAP EKSISTING RAK GUDANG

C. Data Pengolahan

Skala kepentingan pada pendekatan algoritma fuzzy dapat dilihat pada Tabel IV.2.:

TABEL IV. 2
TINGKAT KEPENTINGAN

| Tingkat Kepentingan | Nilai Kuantitatif |
|-----------------------|-------------------|
| Sama pentingnya | (1, 1, 1) |
| Sedikit lebih penting | (2, 3, 4) |
| Lebih penting | (4, 5, 6) |
| Jauh lebih penting | (6, 7, 8) |
| Sangat penting | (8, 9, 9) |

Berikut merupakan data pengolahan dari pendekatan algoritma fuzzy dapat dilihat pada Tabel IV.3

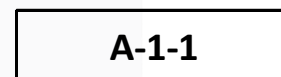
TABEL IV. 3
DATA PENGOLAHAN

| No | Barang | Match Score | Placement Probability | Rak | Level | Slot | Sisa Kapasitas |
|----|------------------------|-------------|-----------------------|-----|-------|------|----------------|
| 1 | Lakban Cokelat | 8,33 | 0,655 | 1 | 1 | 1 | 122016 |
| 2 | Map Tel-U | 8,33 | 0,691 | 1 | 1 | 2 | 91889 |
| 3 | HDMI Type 10M | 8,33 | 0,584 | 1 | 1 | 3 | 65038 |
| 4 | Harddisk | 8,33 | 0,666 | 1 | 1 | 4 | 63022 |
| 5 | Pembolong Kertas BOSCH | 8,33 | 0,735 | 1 | 1 | 5 | 37769 |
| 6 | Lem Fox Besar | 8,33 | 0,599 | 1 | 1 | 6 | 12493 |
| 7 | Clip Binder 155 | 8,33 | 0,820 | 1 | 2 | 1 | 110303 |
| - | - | - | - | - | - | - | - |
| - | - | - | - | - | - | - | - |
| - | - | - | - | - | - | - | - |

Pertama, model membaca seluruh data dari masing-masing Kumpulan data barang dan rak untuk dicocokkan. Gambar IV.2 menyajikan heatmap eksisting kapasitas pencocokkan barang dan rak, dimana koordinat vertical adalah rak dan koordinat horizontal adalah level rak. menghitung pencocokkan dataset rak dan barang, selanjutnya menggunakan Bayesian Convolutional Neural Network (BCNN)

D. Zonafikasi Barang

Zonafikasi adalah tahap dalam pembagian kode barang pada sebuah gudang untuk meningkatkan efisiensi penyimpanan, pengambilan, dan pengelolaan barang. Gambar IV.3. dibawah ini merupakan salah satu contoh pemberain label pada barang di gudang barang habis pakai Fakultas Rekayasa Industri.



GAMBAR IV. 3
ODE PENEMPATAN BARANG

E. Hasil Penelitian

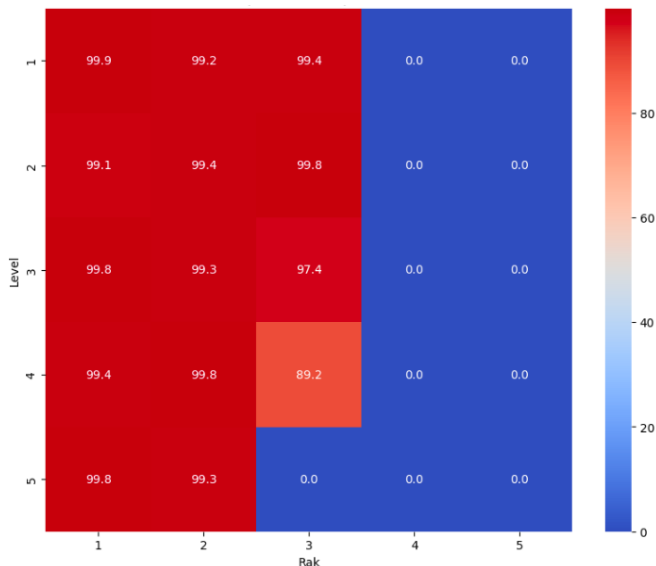
Hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel IV.4 berikut:

TABEL IV. 4
DATA HASIL PENELITIAN

| No | Barang | Rak | Level | Slot | Code Rack | Location Code |
|----|------------------------|-----|-------|------|-----------|---------------|
| 1 | Lakban Cokelat | 1 | 1 | 1 | A | A-1-1 |
| 2 | Map Tel-U | 1 | 1 | 2 | A | A-1-2 |
| 3 | HDMI Type 10M | 1 | 1 | 3 | A | A-1-3 |
| 4 | Harddisk | 1 | 1 | 4 | A | A-1-4 |
| 5 | Pembolong Kertas BOSCH | 1 | 1 | 5 | A | A-1-5 |
| 6 | Lem Fox Besar | 1 | 1 | 6 | A | A-1-6 |
| 7 | Clip Binder 155 | 1 | 2 | 1 | A | A-2-1 |
| - | - | - | - | - | - | - |
| - | - | - | - | - | - | - |
| - | - | - | - | - | - | - |

Berdasarkan Tabel IV.4 telah didapatkan kondisi usulan dari target permasalahan yang terjadi pada gudang barang habis pakai di Fakultas Rekayasa Industri. Sebelumnya, utilitas rak ini hanya mencapai 51% yang mengindikasikan untuk segera dilakukan perbaikan. Dalam melakukan implementasi terhadap usulan yang diberikan pada penelitian ini, tentunya terdapat hal-hal yang harus dipersiapkan oleh Perusahaan. Dengan adanya penambahan pigeonhole pada rak gudang dapat membantu meningkatkan utilitas rak gudang.

Gambar IV.3 dibawah menunjukkan heatmap kondisi usulan rak gudang. Semakin menuju merah gelap artinya kapasitas semakin menuju penuh, lalu apabila semakin menuju biru gelap, artinya kapasitas semakin menuju rendah.



GAMBAR IV. 4
HEATMAP USULAN RAK GUDANG

F. *Pigeonhole Development*

Setelah mendapatkan hasil tata letak rak gudang usulan pada gudang barang habis pakai Fakultas Rekayasa Industri, langkah selanjutnya adalah merancang sistem penyimpanan yang lebih optimal. Masalah kurangnya utilitas rak gudang dapat diatasi dengan merancang sistem penyimpanan yang lebih fleksibel dan efisien. Salah satu solusinya adalah dengan menggunakan *pigeonhole* pada rak penyimpanan

TABEL IV. 5
PENGUNAAN PIGEONHOLE

| No | Barang | <i>Pigeonhole?</i> | Kode Lokasi |
|----|----------------------|--------------------|-------------|
| 1 | Harddisk | YA | A-1-4 |
| 2 | Isi Stappler 10 | YA | A-2-8 |
| 3 | Lem Uhu | YA | A-2-9 |
| 4 | Paku | YA | A-2-10 |
| 5 | Memory Card | YA | A-1-8 |
| 6 | USB Ugreen | YA | B-1-8 |
| 7 | Isi Stappler 3 | YA | B-1-9 |
| 8 | Stamp Pad | YA | A-1-9 |
| 9 | Baterai Alkaline AAA | YA | B-2-7 |
| 10 | Correction Tape | YA | B-3-7 |

V. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, dapat disimpulkan bahwa tujuan utama penelitian ini berhasil dicapai, yaitu perbaikan tata letak rak gudang barang habis pakai di Fakultas Rekayasa Industri dapat direalisasikan dengan efektif melalui penerapan pendekatan *fuzzy algorithm*. Pendekatan ini terbukti mampu mengoptimalkan pengaturan ruang penyimpanan. Penggunaan konsep *pigeonhole development* terbukti dapat meningkatkan utilitas ruang rak gudang secara signifikan. Dengan penambahan *pigeonhole*, pengaturan barang menjadi lebih terstruktur, dan ruang penyimpanan yang tersedia dapat dimanfaatkan secara lebih maksimal. Penelitian ini berhasil meningkatkan utilitas rak gudang sebesar 41%, dari kondisi

eksisting yang hanya mencapai 51% menjadi 92% dalam kondisi usulan. Peningkatan ini menunjukkan bahwa penambahan *pigeonhole* mampu memaksimalkan kapasitas penyimpanan rak gudang, sehingga barang dapat disimpan lebih efisien dan terorganisir dengan baik. Ini tidak hanya meningkatkan efisiensi ruang, tetapi juga mempermudah aksesibilitas barang di dalam gudang.

Saran untuk penelitian ini yaitu penulis memberikan beberapa saran yang dapat dilakukan agar penelitian selanjutnya memiliki kualitas yang lebih baik. Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu sebaiknya dilakukan dengan menggunakan metode yang lebih baik lagi dan dapat menyesuaikan ukuran *pigeonhole* untuk setiap barang.

REFERENSI

- [1] Richards, G. *Warehouse Management A complete guide to improving efficiency and minimizing costs in the modern warehouse* (2nd ed.). Kogan Page Limited. 2014.
- [2] Warman, John. *Manajemen Pergudangan, Edisi Ketujuh*, Jakarta: PT Puka Sinar Harapan, 2018 . pp. 1233-1252.
- [3] Francis, R.L., McGinnis Jr, L.F., & White, J.A. *Facility layout and location: an analytical approach (2nd Edition)*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc. 1992.
- [4] Lotfi A. Zadeh. (1992). "The role of fuzzy logic in modeling, identification and control". *Modeling, Identification, and Control*, 15.
- [5] Tian, R., Yang, S., Wang, C., Ma, Z., & Kang, C. (2023). "Medicine-Shelf matching strategy based on Bayesian convolutional neural network with fuzzy analytic hierarchy process". *Expert Systems with Applications*, 231, 120814–120814.