

Smart Manufacturing Management System Memanfaatkan Big Data Dan Algoritma Machine Learning Untuk Produksi UMKM

Dwi Iskandar^{1,*}, Muh Alif Fathoni², Aldika Arta Bhrata³

Program Studi Sistem Informasi
Politeknik Indonusa Surakarta

e-mail : dwik@poltekindonusa.ac.id¹; fmuhalf12@gmail.com²; artabrata.new@gmail.com³;

ABSTRAK

Di era smart manufacturing menuntut perusahaan menerapkan teknologi big data dan artificial intelligence (kecerdasan buatan) untuk diterapkan di sistem manufaktur. Seiring berjalannya proses manufaktur maka data yang dihasilkan akan semakin besar maka diperlukan analisis data agar data dapat dibaca sebagai statistik. Machine learning sebagai bagian dari artificial intelligence sangat diperlukan untuk memberikan analisis, rekomendasi dan prediksi. Penerapan teknologi ini tidak hanya dibutuhkan untuk perusahaan besar namun juga perlu diterapkan di sektor UMKM termasuk di UMKM yang bergerak dibidang industri manufaktur. Penelitian ini menggunakan metode pengumpulan data sekunder. Tujuan dalam penelitian ini adalah merancang smart manufacturing management system menerapkan big data dengan platform mongoDB dan Machine Learning dengan pemrograman python. Library yang diperlukan numpy, pandas, scikit-learn dan matplotlib. Algoritma yang digunakan algoritma Support Vector Machine (SVM). Deployment menggunakan framework Django.

Kata Kunci: Manufaktur, Big data, Machine Learning

1. PENDAHULUAN

Smart Manufacturing merupakan bagian dari revolusi industri 4.0 dibidang *manufacture*. Menurut Wu, et al. (2017), *Smart Manufacturing* bertujuan untuk mengintegrasikan *big data*, analisa canggih, komputasi kinerja tinggi, dan *Internet Industri of Things* (IIoT) ke dalam sistem dan proses manufaktur tradisional untuk menciptakan produk dengan kualitas yang lebih tinggi dengan biaya lebih rendah. Data di era ini sangat vital dan telah menjadi barang mahal dikarenakan sebagai penentu dalam pengambilan setiap keputusan di berbagai sektor termasuk industri *manufacture*. Data yang valid akan menghasilkan keputusan yang tepat begitu pula sebaliknya. Frekuensi penambahan data yang cepat (*velocity*), menghasilkan volume besar (*volume*), struktur data bervariasi (*variety*) dan berkualitas (*value*) inilah yang menjadi karakteristik dari Big Data (Fosso Wamba et al., 2015). Diperlukan konsep *Big Data Analytics* (BDA) sebagai pendekatan holistik untuk mengelola, memproses, dan menganalisis karakteristik terkait *big data* untuk menciptakan ide-ide yang dapat mengukur kinerja (Singh & Del Giudice, 2019). Pengelolaan Data yang sangat besar di Perusahaan dilakukan ahli di bidang *data analyst*, *data engineer* dan *data scientist* untuk memperoleh statistika yang mudah dibaca.

Big Data menggunakan konsep *database NoSQL* (Tidak hanya *SQL*). Database *NoSql* merupakan *database* generasi baru muncul akibat dari kekakuan ditunjukkan oleh database tradisional untuk menangani data saat ini yang besar, sangat bervariasi, kompleks dan penambahan data dengan kecepatan tinggi. Dengan *NoSQL*, masalah seperti kesulitan perluasan basis data, kinerja *query* yang rendah, dan kapasitas penyimpanan yang rendah dapat diatasi (Imam et al., 2018).

Peningkatan pada perangkat pengguna menyebabkan jumlah data yang meningkat serta jumlah *query* meningkat (*multidimensi*, *spatio-temporal*) atas data. Manajemen yang sesuai dari besar jumlah data terstruktur serta tidak terstruktur adalah masalah utama untuk penelitian masa depan. Pembuat keputusan harus mengadopsi teknik cerdas atas *Big Data Analytics* (BDA) untuk mencapai keputusan yang dioptimalkan untuk waktu sesuai dengan aplikasi Domain. Adopsi *Machine Learning* (ML) dalam menangani *big data* bisa menawarkan sejumlah keuntungan (Anagnostopoulos & Kolomvatsos, 2015). *Machine Learning* (ML) adalah *subset*/bagian dari *Artificial intelligence* (AI). AI memungkinkan mesin untuk melakukan sesuatu sendiri yang kemudian meningkat menjadi sesuatu seperti robotika. ML adalah ilmu yang memberi komputer kemampuan untuk belajar dan memprediksi dari pengalaman tanpa diprogram secara eksplisit. ML lebih tertutup untuk analisis data dari pada AI. *Machine Learning* menggunakan algoritma yang memungkinkan komputer belajar secara berulang dari data (Salkuti, 2020).

Dalam beberapa tahun terakhir, berbagai perusahaan manufaktur besar telah memanfaatkan layanan menggunakan teknologi pintar berbasis *artificial intelligence*, untuk memantau operasional produksi, memberi tahu pelanggan tentang status produk dan mengirimkan informasi semua data ke produsen. Produsen dapat memproses lebih lanjut informasi produk dan menggunakannya untuk pemantauan pengoperasian peralatan, perbaikan jarak jauh, inovasi produk yang ada. Meskipun perkembangan teknologi pintar tersebut sangat pesat, penelitian di bidang ini dalam usaha mikro, kecil dan menengah (UMKM) masih dalam masa

*) Corresponding Author

pertumbuhan. Namun, teknologi pintar ini memiliki potensi yang sangat besar (Kaňovská, 2020).

UMKM (Usaha Mikro, Kecil dan Menengah) merupakan motor penggerak utama dalam perekonomian di Indonesia terutama disektor UMKM *manufacture*. Sektor UMKM *manufacture* menjadi awal penentu keberhasilan dari UMKM sektor penjualan yang bergantung pada kualitas dan kuantitas produk yang dihasilkan. Kualitas dan kuantitas produk bergantung pula pada perencanaan dan manajemen dari proses produksi. Sedangkan perencanaan produksi diputuskan berdasarkan data. Untuk mengatasi tantangan yang ditimbulkan oleh meningkatnya persaingan disertai perkembangan teknologi pintar, Diperlukan sistem manajemen yang memadukan teknologi big data dan machine learning untuk memberikan rekomendasi, prediksi dan analisis data untuk pengambilan keputusan yang mampu mempengaruhi kualitas dan kuantitas produk. Tujuan dari penelitian kami untuk merancang dan menerapkan *smart manufacturing management system* memanfaatkan big data dan algoritma machine learning diolah dari data pembelian, produksi dan penjualan.

2. TINJAUAN PUSAKA

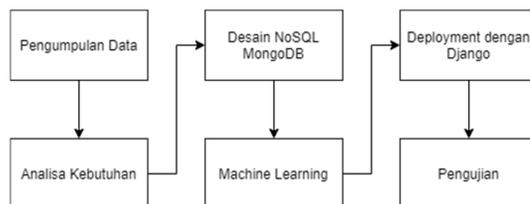
Ada tiga poin yang merepresentasi revolusi industri 4.0 (Almada-Lobo, 2016; Schlechtendahl, Keinert, Kretschmer, Lechler, & Verl, 2015):

- Digitalisasi produksi —Sistem informasi untuk manajemen dan perencanaan produksi
- Otomatisasi —Sistem untuk akuisisi data dari jalur produksi dan menggunakan mesin
- Menghubungkan mesinmanufaktur dalam rantai pasokan yang komprehensif dan pertukaran data otomatis

Machine learning adalah serangkaian algoritma komputer yang digunakan untuk mengoptimalkan kinerja komputer atau sistem berdasarkan data sampel yang ada (Alpaydin, 2020). Kemampuan utama dari machine learning adalah modifikasi dan adaptasi keputusan dalam merespon perubahan (Marsland, 2015). Kegunaan dari machine learning antara lain sebagai berikut (Provost & Fawcett, 2013)

3. METODE PENELITIAN

Tahapan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Tahapan Penelitian

A. Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini memanfaatkan data sekunder. kami menggali informasi di berbagai jurnal dan internet untuk memperoleh

referensi teknologi terbaru. Untuk data set yang digunakan sebagai bahan uji coba menggunakan platform kaggle untuk memperoleh data dalam format csv. Untuk studi kasus kami memanfaatkan data proses manufaktur bidang furniture/mebel.

B. Analisa Kebutuhan Fungsional

Analisa kebutuhan fungsional merupakan tahap menentukan kebutuhan sistem yang akan dibuat. Dalam hal ini akan dijabarkan kemampuan perangkat lunak yang akan dikembangkan berdasarkan analisis solusi masalah (Alimuddin Yasin, MZ Yumarlin, 2017). Kemampuan yang ada didalam sistem ini antara lain : (1) Memudahkan input pembelian stok bahan baku dan penjualan produk dengan model rekomendasi *Machine Learning* (2) Mengetahui performa mesin, kemampuan tenaga produksi, perilaku konsumen dengan grafik.

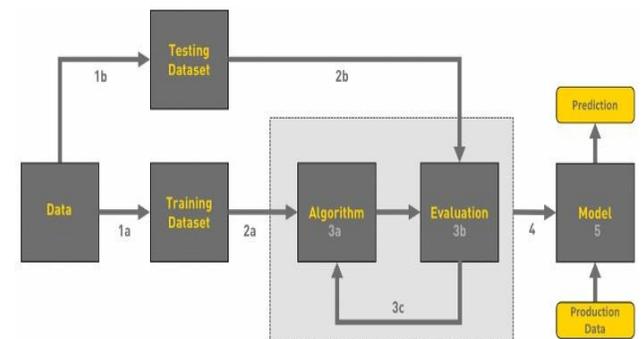
C. Design NoSql MongoDB

MongoDB adalah salah satu platform database NoSQL open source database berbasis *document-store*, didirikan oleh 10gen yang kemudian berganti nama menjadi MongoDB,inc. MongoDB menyimpan data dalam layout dokumen yang terdiri dari *field-value* yang bisa disarangkan sebagai array asosiatif. Dokumen dibuat berseri di JSON dan ditulis secara internal sebagai *Binary JSON* (BSON). MongoDB menyediakan beberapa fitur dari manajemen database relasional sistem seperti pengurutan, pengindeksian gabungan, dan *query* rentang (Franciscus et al., 2018).

Desain database yang diperlukan diantaranya: (1) Data produksi yang berisi waktu produksi, jumlah tenaga kerja, produk yang dihasilkan dan stok yang tersedia, (2) Data penjualan berisi transaksi penjualan ke konsumen maupun resaller, (3) Data pembelian berisi transaksi pembelian bahan baku produksi.

D. Model Machine Learning

Berikut ini adalah workflow dalam modul *machine learning* tersendiri:



Gambar 2. Workflow machine learning (Pant, 2019)

Machine learning dibangun dengan bahasa pemrograman python dengan beberapa library *Python* yang diperlukan untuk menyelesaikan tugas: Numpy, Pandas, Scikit-learn, Matplotlib (Pant, 2019). Untuk mempermudah dalam *coding* kami menggunakan *software Jupyter notebook*.

Dalam penelitian ini model machine learning menggunakan pendekatan algoritma *Support Vector Machine (SVM)*. Algoritma ini dikembangkan oleh Boser, Guyon, Vapnik, dan pertama kali dipresentasikan pada tahun 1992 di *Annual Workshop on Computational Learning Theory*. Konsep SVM suatu konsep untuk mencari fungsi pemisah terbaik yang berfungsi sebagai pemisah dua buah kelas pada input space (Ispriyanti & Hoyyi, 2016).

E. Deployment dengan Django

Django adalah *web framework* berbasis bahasa pemrograman *Python*. Django adalah web framework *Python* yang didesain untuk membuat aplikasi web yang dinamis, kaya fitur dan aman. Django yang dikembangkan oleh Django Software Foundation terus mendapatkan perbaikan sehingga membuat web framework yang satu ini menjadi pilihan utama bagi banyak pengembang aplikasi web (Saputral & Aji, 2018).

F. Pengujian

Pada Tahap pengujian diperlukan penerapan secara langsung untuk menganalisa kekurangan, perencanaan fitur baru dengan menerima masukan dari berbagai pihak.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan berikut hasil yang diperoleh:

A. Hasil rancangan desain mongodb

Berdasarkan hasil dari pengumpulan data dan analisa kebutuhan fungsional. Dihasilkan rancangan desain database sebagai berikut:

```
C:\Program Files\MongoDB\Server\4.4\bin\mongo.exe
> db.produk.insertMany([
...   {
...     _id: new ObjectId(),
...     nama_produk: 'Aksesoris Lemeri Atas',
...     kategori: 'aksesoris',
...     harga : 1800000,
...     keterangan : 'Bahan Jati',
...     panjang : 220,
...     lebar : 333,
...     tinggi : 144,
...     stok_awal : 9,
...     penjualan: [
...       {
...         jumlah: 3,
...         keterangan: 'berdasarkan desain',
...         nama_pelanggan: 'Alif',
...         alamat: 'Gading Sawahan',
...         no_hp: '08971722711',
...         tanggal_penjualan: new Date()
...       }
...     ]
...   }
... ]);
```

Gambar 3. Desain collection produk

```
C:\Program Files\MongoDB\Server\4.4\bin\mongo.exe
> db.proses_manufaktur.insertMany([
...   {
...     _id: new ObjectId(),
...     tanggal: new Date("<YYYY-mm-dd>"),
...     mesin : [
...       {
...         nama_mesin: 'gergaji mesin',
...         status: 'beroperasi'
...       },
...       {
...         nama_mesin: '',
...         status: 'beroperasi'
...       }
...     ],
...     pekerja : [
...       {
...         nama_pekerja: 'Arta',
...         alamat: 'Trucuk',
...         no_hp: '0809191999'
...       }
...     ],
...     jam_kerja: 8,
...     target : 'penyelesaian lemari'
...   }
... ]);
```

Gambar 4. Desain collection

```
C:\Program Files\MongoDB\Server\4.4\bin\mongo.exe
> db.pembelian.insertMany([
...   {
...     _id: new ObjectId(),
...     nama_barang: "Kayu Jati",
...     jumlah: 3,
...     harga: 1000000,
...     keterangan: 'untuk pembuatan lemari',
...     supplier: [
...       {
...         nama_supplier : "UD Melati",
...         alamat: "Jl Melati",
...         no_hp: '087564146'
...       }
...     ],
...     tanggal: new Date()
...   }
... ]);
```

Gambar 5. Desain collection pembelian

Pada gambar 3, 4 dan 5 Menunjukkan field dan collection dengan mongoDB dan model menggunakan *embedded document* atau multiple *Json*. Dengan desain field tersebut menggabungkan dua collection menjadi satu collection jelas akan memberikan fleksibilitas dalam mengelola database. Konsep Big Data menggunakan mongoDB dapat diterapkan seiring dengan, frekuensi penambahan data yang cepat. Volume data yang besar data yang bervariasi hal itu perlu sangat penting diimbangi hardware server yang mumpuni untuk Big Data.

B. Hasil penyiapan dan pembersihan data

Selanjutnya untuk memperoleh data analisis, diperlukan penyiapan dan pembersihan data. Pembersihan data digunakan untuk memecahkan *collection model embedded-document* menjadi beberapa tabel, menghilangkan data double jika diperlukan, menghilangkan nilai kosong (NaN) jika diperlukan. Berikut hasil dari pembersihan data:

	nama_mesin	status	tanggal	jam_kerja	target
0	gergaji mesin	beroperasi	2021-01-02	8.0	penyelesaian lemari
1	gerinda	beroperasi	2021-01-02	8.0	penyelesaian lemari
2	gergaji mesin	normal	2021-01-02	8.0	penyelesaian lemari
3	gerinda	normal	2021-01-02	8.0	penyelesaian lemari

Gambar 6. Hasil pembersihan embedded document menjadi tabel penjalan

	jumlah	keterangan	nama_pelanggan	alamat	no_hp
0	3.0	berdasarkan desain	Alif	Gading Sawahan	08971722711
1	3.0	berdasarkan desain	Alif	Gading Sawahan	08971722711
2	3.0	berdasarkan desain	Arta	Gading Sawahan	089732324
3	3.0	berdasarkan desain	Luthfi	Trucuk	08971722711

Gambar 7. Hasil pembersihan embedded document menjadi tabel penjualan

	nama_supplier	alamat	no_hp	nama_barang	jumlah	harga
0	UD Melati	jl Melati	087564146	Kayu Jati	3.0	1000000.0
1	UD Chandra	jl Melati	087564146	Kayu Akasia	3.0	1000000.0
2	UD Chandra	jl Melati	087564146	Kayu Jati Alas	3.0	1000000.0

Gambar 8. Hasil pembersihan embedded document menjadi tabel pembelian

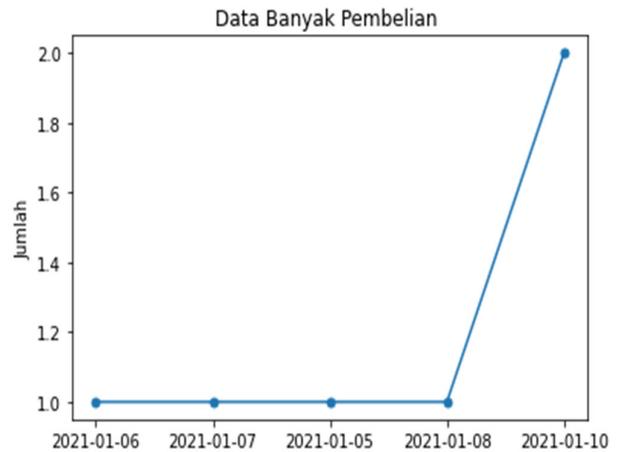
	nama_produk	kategori	harga	panjang	lebar	ting
0	Aksesoris Lemeris Atas	aksesoris	1800000.0	220.0	333.0	144
1	Meja belajar kayu	aksesoris	1800000.0	200.0	30.0	200

Gambar 9. Hasil pembersihan embedded document menjadi tabel produk

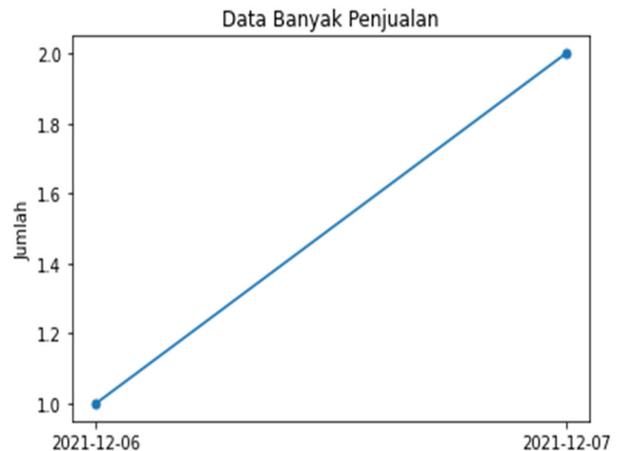
Untuk memisahkan menjadi table terpisah menggunakan function `json_normalize()`, untuk menghilangkan duplikasi dari di row / record menggunakan function `drop_duplicates()`, untuk menghapus missing value atau record kosong menggunakan function `dropna()`.

C. Hasil analisis data

Sebelum memperoleh data analisis, diperlukan input beberapa record di masing masing collection database mongoDB. Berikut ini contoh analisis data :



Gambar 10. Sempel banyaknya record pembelian bahan baku setiap harinya



Gambar 11. Sempel banyaknya record penjualan setiap harinya

Berdasarkan gambar 9 dan 10 mengimplementasikan hasil record sederhana berdasarkan tanggal input dari setiap *record*. Grafik tersebut dibangun menggunakan library *matplotlib*. Dengan library ini memungkinkan suatu list dapat dimasukan sebagai parameter yang kemudian diproses menjadi desain.

D. Hasil

Untuk penerapan yang maksimal model machine learning butuh dataset dengan record yang banyak. Untuk mengatasi ini kami menggunakan beberapa dataset dari platform Kaggle sebagai bahan uji. Kami memilih dataset yang memiliki kesamaan struktur dengan model mongoDB yang telah kami buat. Dataset yang kami pilih diantaranya dataset produk manufakture ikea berformat csv.

i_id	name	category	price	old_price	sellable_online	link	other_colors	short_description	designer	depth	height	width
205	STIG	Bar furniture	69.0	No old price	True	https://www.ikea.com/sa/en/p/stig-bar-stool-wi...	Yes	Bar stool with backrest, 74 cm	Henrik Preutz	50.0	100.0	60.0
504	NORBERG	Bar furniture	225.0	No old price	True	https://www.ikea.com/sa/en/p/norberg-wall-moun...	No	Wall-mounted drop-leaf table, ...	Marcus Arvonen	60.0	43.0	74.0
647	INGOLF	Bar furniture	345.0	No old price	True	https://www.ikea.com/sa/en/p/ingolf-bar-stool-...	No	Bar stool with backrest, 63 cm	Carina Bengs	45.0	91.0	40.0
875	FRANKLIN	Bar furniture	129.0	No old price	True	https://www.ikea.com/sa/en/p/franklin-bar-stoo...	No	Bar stool with backrest, foldable, ...	K Hagberg/M Hagberg	44.0	95.0	50.0
465	FRANKLIN	Bar furniture	129.0	No old price	True	https://www.ikea.com/sa/en/p/franklin-bar-stoo...	No	Bar stool with backrest, foldable, ...	K Hagberg/M Hagberg	44.0	95.0	50.0

Gambar 12. Datates Ikea

Sebelum menginjak ke penerapan machine learning, data pembagian data testing dan training. Pada gambar 12. Menunjukkan visualisai dari dataset Ikea. Dapat dilihat tipe data float digunakan untuk field/kolom *depth*, *height*, *width* dan *price*. Kolom tersebut akan digunakan sebagai features/predictor dan disimpan di variable X. sedangkan kolom *name* digunakan sebagai label dan disimpan di *variable* y. model machine learning ini memanfaatkan algoritma *Support Vector Machine (SVM)*.

```
In [6]: from pandas import read_csv
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.svm import SVC
import pandas as pd

df = pd.read_csv("ikea.csv")
df.isna().values.any()
df.dropna(axis=0, subset=['depth', 'height', 'width'], inplace=True)

X = df[['price', 'depth', 'height', 'width']]
y = df['name']

X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.20, random_state=10)

model = SVC(gamma='auto')
model.fit(X_train, y_train)

predictions = model.predict(X_test)
model.score(X_test, y_test)
```

Out[6]: 0.4026315789473684

Gambar 13. Coding pemisahan data test dan data training

Hasil yang diperoleh dari percobaan gambar 12. memberikan output yaitu score prediksi 0.4 menunjukkan hasil yang dengan akurasi yang baik, semakin kecil scorenya maka nilai prediksi akan semakin baik. Uji coba selanjutnya dengan menginputkan data beberapa data untuk melihat hasil prediksi. Pada pengujian ini dibutuhkan uji coba melalui input beberapa angka acak untuk memperoleh rekomendasi dan prediksi. Pengujian ini diperlukan untuk mengetahui pola yang dihasilkan dari proses input ke model machine learning.

```
In [51]: price = float(input("Enter Price: "))
depth = float(input("Enter depth: "))
height = float(input("Enter height: "))
width = float(input("Enter width: "))

result = model.predict([[price, depth, height, width]])

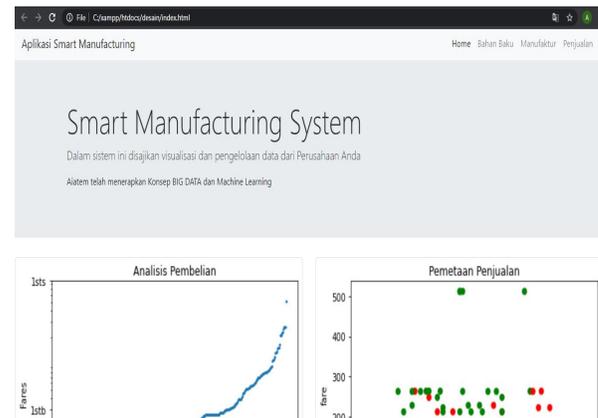
print(result)

Enter Price: 20
Enter depth: 1
Enter height: 89
Enter width: 3
['PAX']
```

Gambar 14. Implementasi pengujian machine learning

E. Hasil penerapan web framework Django

Untuk implementasi di UMKM manufaktur diperlukan deployment ke system website. Dalam proses deployment dengan menghubungkan database mongoDB dan menerapkan model machine learning untuk proses input dan output website. Penerapan backend kami menggunakan Framework Django dan untuk frontend memadukan css, html dan bootstrab.



Gambar 15. Desain antarmuka pembelian bahan baku

Gambar 16. Desain antarmuka pembelian bahan baku

Gambar 17. Desain antarmuka produksi

Dari desain antarmuka pada gambar 15, 16 menunjukkan tata letak input dan rekomendasi dari machine learning, dengan desain sedemikian rupa memudahkan bagi user untuk memperoleh rekomendasi atau bisa melakukan penginputan manual. Sedangkan pada gambar 14 menunjukkan tampilan dashboard yang menyediakan grafik, jika diklik akan menampilkan detail analisis.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa konsep *big data* dan machine learning sangat penting diterapkan sistem UMKM manufaktur guna mendongkarak produksi. Penerapan konsep Big Data telah dibuat desain database system manufaktur menggunakan *NoSQL mongoDB*. Analisis data penting digunakan memperoleh prediksi dan statistik. Untuk memberikan prediksi berdasarkan data diperlukan model machine learning untuk diterapkan di input dan output sistem. Penerapan di UMKM manufaktur dapat dilakukan

jika sistem diterapkan sebagai software dalam penelitian ini menggunakan framework Django.

Saran untuk penelitian selanjutnya dengan pendekatan konsep IoT sebagai input sistem di sistem ini. Sehingga otomatisasi dapat diterapkan guna mengimbangi persaingan di era *smart manufacturing*

6. DAFTAR PUSTAKA

- Alimuddin Yasin, MZ Yumarlin, T. F. (2017). Analisis Kebutuhan Sistem Informasi di LPK RJ-COMP Yogyakarta. *Seminar Nasional Informatika (SNIf)*, 1(1), 111–116.
- Almada-Lobo, F. (2016). The Industry 4.0 revolution and the future of manufacturing execution systems (MES). *Journal of Innovation Management*, 3, 16-21.
- Alpaydin, E.(2020). Introduction to machine learning. MIT press
- Anagnostopoulos, C., & Kolomvatsos, K. (2015). Editorial. *International Journal of Machine*

- Learning and Cybernetics*, 6(6), 873–874.
<https://doi.org/10.1007/s13042-015-0429-3>
- CNN Indonesia. (2020). *Pakar Ungkap Big Data dan AI Harus Mulai Dipakai UMKM RI*. [Www.Cnnindonesia.Com](http://www.cnnindonesia.com).
<https://www.cnnindonesia.com/teknologi/20201126201456-185-575093/pakar-ungkap-big-data-dan-ai-harus-mulai-dipakai-umkm-ri>
- Fosso Wamba, S., Akter, S., Edwards, A., Chopin, G., & Gnanzou, D. (2015). How “big data” can make big impact: Findings from a systematic review and a longitudinal case study. *International Journal of Production Economics*, 165, 234–246.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.12.031>
- Franciscus, N., Ren, X., & Stantic, B. (2018). Precomputing architecture for flexible and efficient big data analytics. *Vietnam Journal of Computer Science*, 5(2), 133–142.
<https://doi.org/10.1007/s40595-018-0109-9>
- Imam, A. A., Basri, S., Ahmad, R., Watada, J., & González-Aparicio, M. T. (2018). Automatic schema suggestion model for NoSQL document-stores databases. *Journal of Big Data*, 5(1), 1–17.
<https://doi.org/10.1186/s40537-018-0156-1>
- Ispriyanti, D., & Hoyyi, A. (2016). ANALISIS Klasifikasi Masa Studi Mahasiswa Prodi Statistika Undip Dengan Metode Support Vector Machine (SVM) Dan ID3 (Iterative Dichotomiser 3). *Media Statistika*, 9(1), 15–29.
<https://doi.org/10.14710/medstat.9.1.15-29>
- Kaňovská, L. (2020). *Are smart service manufacturing providers different in cooperation and innovation flexibility , in innovation performance and business performance from nonsmart service manufacturing providers ?* 12(4), 105–116. <https://doi.org/10.2478/emj2020-0031>
- Marsland, S.(2015). *Machine learning: an algorithmic perspective*. CRC press.
- Pant, A. (2019). *Workflow of a Machine Learning project*. Towards Data Science.
<https://towardsdatascience.com/workflow-of-a-machine-learning-project-ecldba419b94>
- Provost, F., & Fawcett, T. (2013). *Data Science for Business: What you need to know about data mining and data-analytic thinking*. “ O’Reilly Media, Inc.”
- Salkuti, S. R. (2020). A survey of big data and machine learning. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 10(1), 575–580.
<https://doi.org/10.11591/ijece.v10i1.pp575-580>
- Saputral, D., & Aji, R. F. (2018). ANALISIS Perbandingan Performa Web Service Rest Menggunakan Framework Laravel, Django Dan Ruby On Rails Untuk Akses Data Dengan Aplikasi Mobile (Studi Kasus: Portal E-Kampus STT Indonesia Tanjungpinang). *Jurnal Ilmiah Bangkit Indonesia*, 2(Vii), 6.
<https://portal.issn.org/resource/ISSN/2337-4055#>
- Schlechtendahl, J., Keinert, M., Kretschmer, F., Lechler, A., & Verl, A. (2015). Making existing production systems Industry 4.0-ready. *Production Engineering*, Vol. 9, Issue.1, pp.143–148.
- Singh, S. K., & Del Giudice, M. (2019). Big data analytics, dynamic capabilities and firm performance. *Management Decision*, 57(8), 1729–1733. <https://doi.org/10.1108/MD-082019-020>
- Wu, D., Jennings, C., Terpenney, J., Gao, R. X., & Kumara, S. (2017). A Comparative Study on Machine Learning Algorithms for Smart Manufacturing: Tool Wear Prediction Using Random Forests. *Journal of Manufacturing Science and Engineering, Transactions of the ASME*, 139(7), 1–9.
<https://doi.org/10.1115/1.4036350>