

Tugas Kecil 1 Machine Learning

Made by:

- Ubaidillah Ariq Prathama - 13520085
 - Patrick Amadeus Irawan - 1350109
-

Library & Dependencies

```
In [228... # Base Util Libraries
import numpy as np
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns
sns.set_theme()
SEED = 42

# Export, Import and Save Model Libraries
import six
import sys
sys.modules['sklearn.externals.six'] = six
import pickle

# Model Libraries
from sklearn import tree
from sklearn.metrics import classification_report, confusion_matrix
from sklearn.tree import export_graphviz
from sklearn.tree import export_text
from sklearn.tree import DecisionTreeClassifier
from id3 import Id3Estimator
from sklearn.cluster import KMeans
from sklearn.linear_model import LogisticRegression
from sklearn.neural_network import MLPClassifier
from sklearn.svm import SVC
from sklearn.model_selection import GridSearchCV

MODEL_DIR = './models/'
```

Load & Split Dataset

```
In [229... from sklearn.datasets import load_breast_cancer
from sklearn.model_selection import train_test_split

# Loading Dataset
dataset = load_breast_cancer()
df = pd.DataFrame(dataset.data, columns=dataset.feature_names)
df['target'] = dataset.target
```

Struture & Data Type Analysis

```
In [230... display(pd.DataFrame({"Dataset Shape": df.shape}, index = ["Row", "Column"]).T \
                .style.set_caption("DATA SHAPE"))
dtype_dict = {}
```

```

dtype_sample_dict = {}

# get amount of every datatype
for col in df.columns:
    dtype_dict[df[col].dtype] = dtype_dict.get(df[col].dtype, 0) + 1
    dtype_sample_dict[col] = [df[col].dtype, df[col].sample(1, random_state = SEED).valu

# Numerical Summary
display(pd.DataFrame(dtype_dict, index = ["Column Count"]).T \
        .style.set_caption("COLUMN DTYPE SUMMARY"))

# Sanity Check with sampling
display(pd.DataFrame(dtype_sample_dict, index = ["dtype", "data_sample"]).T \
        .style.set_caption("SANITY CHECK (w/ Random Sampling)"))

```

DATA SHAPE

	Row	Column
Dataset Shape	569	31

COLUMN DTYPE SUMMARY

	Column Count
float64	30
int32	1

SANITY CHECK (w/ Random Sampling)

	dtype	data_sample
mean radius	float64	12.470000
mean texture	float64	18.600000
mean perimeter	float64	81.090000
mean area	float64	481.900000
mean smoothness	float64	0.099650
mean compactness	float64	0.105800
mean concavity	float64	0.080050
mean concave points	float64	0.038210
mean symmetry	float64	0.192500
mean fractal dimension	float64	0.063730
radius error	float64	0.396100
texture error	float64	1.044000
perimeter error	float64	2.497000
area error	float64	30.290000
smoothness error	float64	0.006953
compactness error	float64	0.019110
concavity error	float64	0.027010
concave points error	float64	0.010370
symmetry error	float64	0.017820
fractal dimension error	float64	0.003586

worst radius	float64	14.970000
worst texture	float64	24.640000
worst perimeter	float64	96.050000
worst area	float64	677.900000
worst smoothness	float64	0.142600
worst compactness	float64	0.237800
worst concavity	float64	0.267100
worst concave points	float64	0.101500
worst symmetry	float64	0.301400
worst fractal dimension	float64	0.087500
target	int32	1

Analisis tipe data kolom menunjukkan bahwa keseluruhan atribut memiliki tipe data numerik, kecuali kolom **target** yang merupakan atribut kategorikal (nominal). Dengan demikian, tidak diperlukan ada nya *encoding* untuk atribut yang digunakan sebagai fitur pelatihan model.

```
In [231... df.target.value_counts()
```

```
Out[231]: 1    357
0    212
Name: target, dtype: int64
```

Splitting Dataset

```
In [232... # Splitting Dataset
X = df.drop('target', axis=1)
y = df['target']
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X,y,test_size=0.2, random_state=SEED

# Sanity Verbose
shape_dict = {
    "dataset": df.shape,
    "x_train": X_train.shape,
    "y_train": [y_train.shape[0],1],
    "x_test": X_test.shape,
    "y_test": [y_test.shape[0],1]
}
display(pd.DataFrame(shape_dict, index = ["row", "column"]).style.set_caption("SUMMARY O
```

SUMMARY OF DATA SHAPES

	dataset	x_train	y_train	x_test	y_test
row	569	455	455	114	114
column	31	30	1	30	1

Helper Function for Classification Metrics

Base Model Training & Export

Creating Base Model

In [233...

```
# Decision Tree Based
dtc = DecisionTreeClassifier(random_state=SEED)
id3 = Id3Estimator()
# Clustering
kmn = KMeans(random_state=13)
# Logistic Regression
logreg = LogisticRegression(random_state=SEED)
# Perceptron
mlpc = MLPClassifier(random_state=SEED)
# Support Vector
svc = SVC(random_state=SEED)

models = { "dtc" : dtc, "id3" : id3, "kmn" : kmn,
           "logreg" : logreg, "mlpc" : mlpc, "svc" : svc }
```

Base Model Fitting & Exporting

In [234...

```
for name, model in models.items():
    model.fit(X_train, y_train)
    pickle.dump(model, open(f'{MODEL_DIR}{name}.pkl', 'wb'))
```

```
c:\Users\HP\AppData\Local\Programs\Python\Python39\lib\site-packages\sklearn\linear_model\_logistic.py:444: ConvergenceWarning: lbfgs failed to converge (status=1):
STOP: TOTAL NO. of ITERATIONS REACHED LIMIT.
```

Increase the number of iterations (max_iter) or scale the data as shown in:

<https://scikit-learn.org/stable/modules/preprocessing.html>

Please also refer to the documentation for alternative solver options:

https://scikit-learn.org/stable/modules/linear_model.html#logistic-regression

```
n_iter_i = _check_optimize_result(
```

Base Model Evaluation

In [235...

```
f1_models = {}
pred_models = {}
for name, model in models.items():
    y_pred = pickle.load(open(f'{MODEL_DIR}{name}.pkl', 'rb')).predict(X_test)
    pred_models[name] = y_pred
    f1_models[name] = classification_report(y_test, y_pred, output_dict=True)['weighted
```

```
c:\Users\HP\AppData\Local\Programs\Python\Python39\lib\site-packages\sklearn\metrics\_classification.py:1327: UndefinedMetricWarning: Recall and F-score are ill-defined and being set to 0.0 in labels with no true samples. Use `zero_division` parameter to control this behavior.
```

```
_warn_prf(average, modifier, msg_start, len(result))
```

```
c:\Users\HP\AppData\Local\Programs\Python\Python39\lib\site-packages\sklearn\metrics\_classification.py:1327: UndefinedMetricWarning: Recall and F-score are ill-defined and being set to 0.0 in labels with no true samples. Use `zero_division` parameter to control this behavior.
```

```
_warn_prf(average, modifier, msg_start, len(result))
```

```
c:\Users\HP\AppData\Local\Programs\Python\Python39\lib\site-packages\sklearn\metrics\_classification.py:1327: UndefinedMetricWarning: Recall and F-score are ill-defined and being set to 0.0 in labels with no true samples. Use `zero_division` parameter to control this behavior.
```

```
_warn_prf(average, modifier, msg_start, len(result))
```

F1-Score Comparison

In [236...

```
def f1_plot(f1_models, cfg = None):
    plt.figure(figsize=(10,5))

    color = 'grey'
```

```

if cfg != None:
    color = None

sns.barplot(x=list(f1_models.values()), y=list(f1_models.keys()), orient='h', palette=cfg)

for i, v in enumerate(f1_models.values()):
    plt.text(v, i, " "+str(round(v, 2)), color='black', va='center', fontweight='bold')

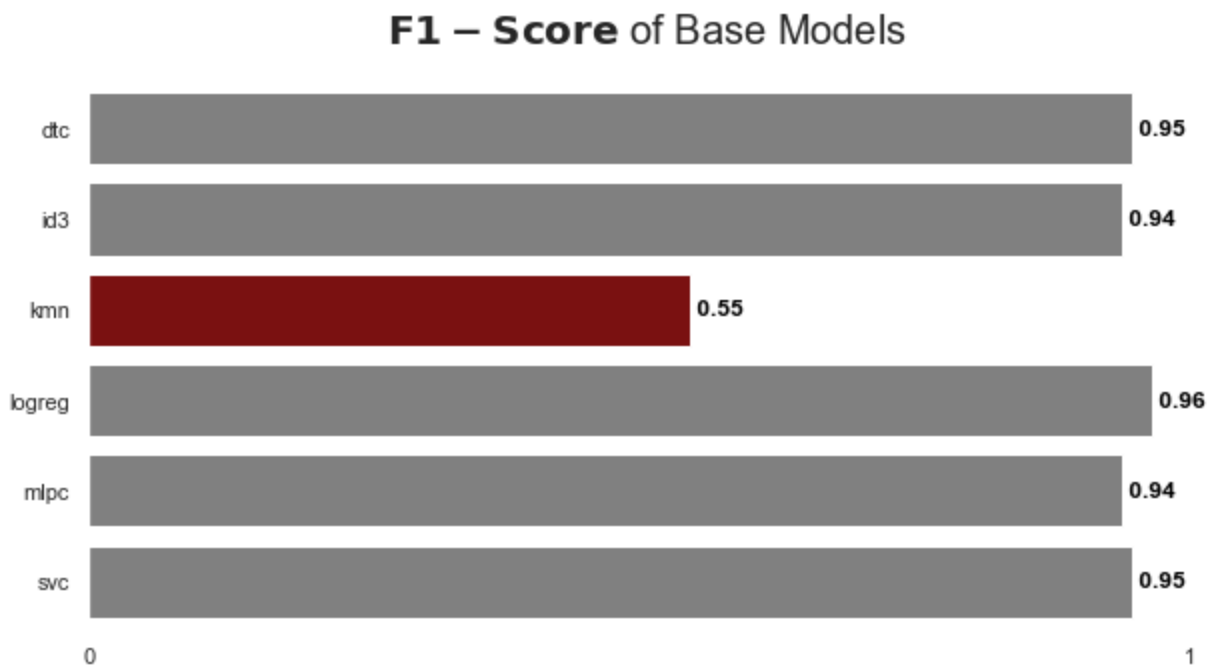
# Title & Styling
plt.xticks([0,1])
plt.gca().set_facecolor('white')
plt.title(r"$\bf{" + "F1-Score" + "}"$ of Base Models", fontsize=20, pad = 20)
plt.show()

```

```

In [237]: bad_cfg = ['grey' if (x > min(f1_models.values())) else 'darkred' for x in f1_models.values()]
f1_plot(f1_models, bad_cfg)

```



Secara garis besar, model *non-clustering* memiliki nilai F1-Score yang cukup tinggi pada evaluasi dengan data testing dengan nilai akurasi tertinggi berasal dari model **Logistic Regression**.

Apabila ditinjau dari perbandingan F1-Score yang dimiliki setiap model, terdapat kejanggalan pada model **KMeans** dengan akurasi yang jauh lebih rendah. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis lebih lanjut spesifik terhadap *base model* tersebut.

KMeans Analysis & Refactor

Base Model Analysis

Dilansir dari [dokumentasi](#), jumlah centroid yang didefinisikan pada `_base_model_` adalah sejumlah **8**.

`n_clusters` : **int, default=8** \ The number of clusters to form as well as the number of centroids to generate.

Pada kasus ini, jumlah centroid tersebut secara intuisi tidak sesuai representasi jumlah target pada dataset. Oleh karena itu, perlu dilakukan *refactor* pada model **KMeans** dengan mengubah `n_clusters` yang memiliki galat WCSS terendah.

Finding Optimal `n_clusters`

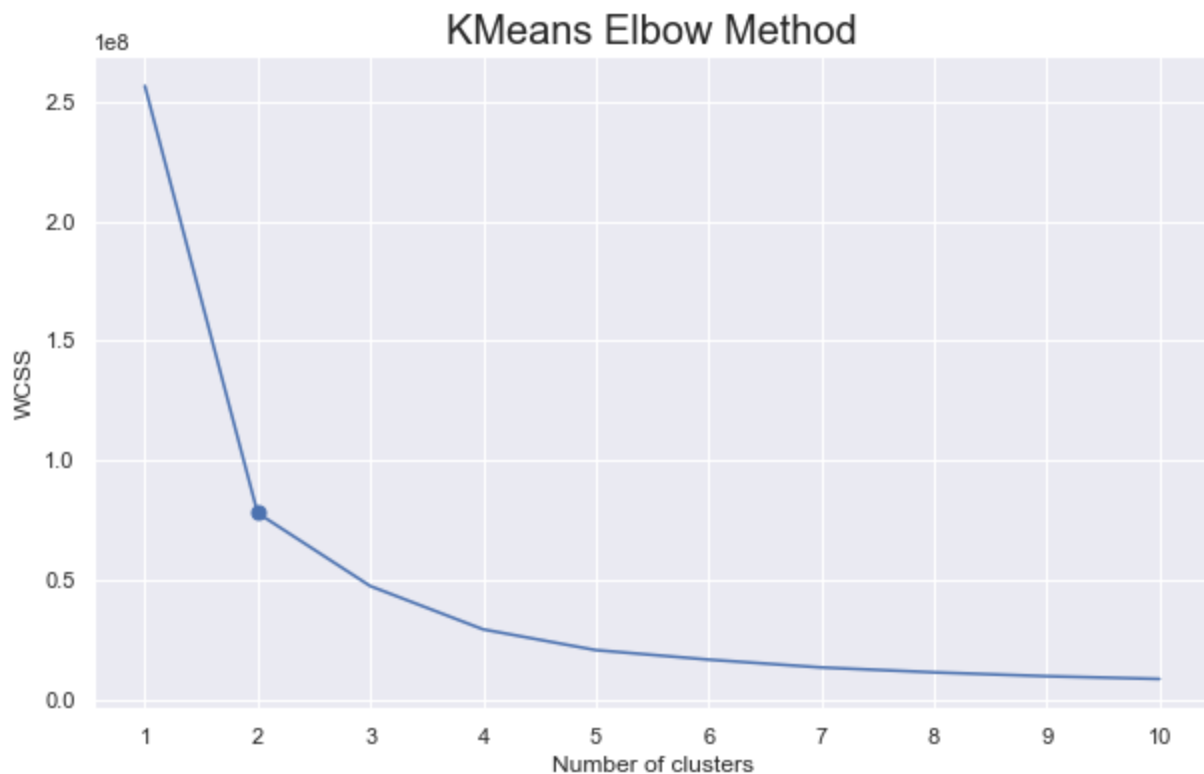
Within-Cluster Sum of Square (WCSS) adalah metric untuk mengukur jarak antara tiap instans data pada centroid yang terbentuk. Dengan demikian, semakin kecil nilai WCSS, maka semakin baik model yang dibentuk.

Salah satu metode pencarian nilai `n_clusters` yang optimal adalah dengan menggunakan metode `_elbow_method_` yang mana nilai `n_clusters` yang optimal adalah nilai `n_clusters` yang memiliki nilai WCSS terendah sebelum perubahan WCSS cenderung melandai, yakni mencari *elbow* pada grafik WCSS.

```
In [238.. df_kmn = df.drop('target', axis=1)

clusters = []
for i in range(1,11):
    kmn_ = KMeans(n_clusters = i, random_state=SEED).fit(df_kmn)
    clusters.append(kmn_.inertia_)

f,ax = plt.subplots(figsize = (10,6))
plt.plot([i for i in range(1,11)] , clusters , markevery = [1], marker = "o" , markersize=10)
plt.title("KMeans Elbow Method" ,size= 20)
plt.xlabel("Number of clusters")
plt.ylabel("WCSS")
plt.xticks([i for i in range(1,11)])
plt.show()
```



Pemilihan `n_clusters` yang optimal pada kasus ini adalah **2**, konsisten dengan jumlah target yang ada pada dataset dengan label diketahui. Alasan pemilihan hanya berhenti di 2, bukan pada WCSS yang lebih rendah dikarenakan keberadaan *centroid* yang lebih banyak tentunya akan cenderung menurunkan nilai WCSS secara total tetapi dengan rasio yang tidak signifikan. Penggunaan metode *elbow* bertujuan untuk mencari `n_clusters` terakhir dimana terjadi penurunan WCSS yang signifikan.

Refactor KMeans Model

```
In [239.. ref_kmn = KMeans(n_clusters = 2, random_state=SEED).fit(X_train)
models['kmn'] = ref_kmn
pickle.dump(ref_kmn, open(f'{MODEL_DIR}kmn.pkl', 'wb'))
```

Re-evaluate Models' Score

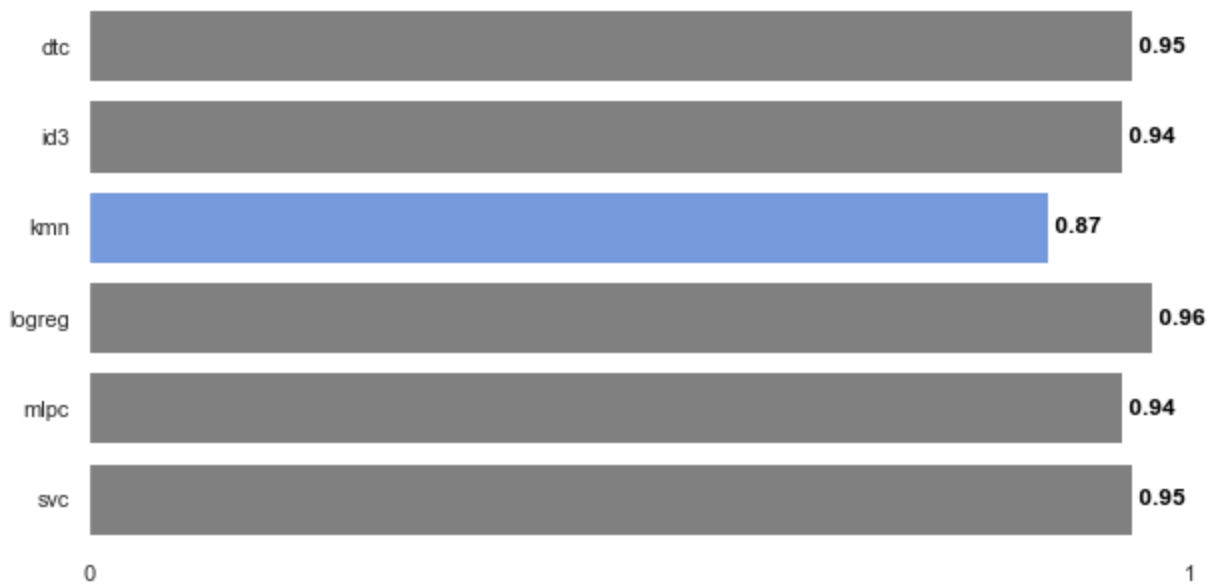
```
In [240.. y_pred = pickle.load(open(f'{MODEL_DIR}kmn.pkl', 'rb')).predict(X_test)

f1_ = classification_report(y_test, y_pred, output_dict=True)['weighted avg']['f1-score']
if f1_ < 0.3:
    y_pred = [1 if x == 0 else 0 for x in y_pred]

pred_models['kmn'] = y_pred
f1_models['kmn'] = classification_report(y_test, y_pred, output_dict=True)['weighted avg']

eval_cfg = ['grey' if (x > min(f1_models.values())) else 'cornflowerblue' for x in f1_models]
f1_plot(f1_models, eval_cfg)
```

F1 – Score of Base Models



Dengan menggunakan pemilihan `n_clusters` yang tepat, nilai F1-Score pada model **KMeans** meningkat menjadi 0.87, drastis apabila dibandingkan dengan performa **KMeans** pada *base model*.

Perlu dicatat bahwa pada `SEED` yang diatur diperlukan adanya *mapping* nilai target yang dihasilkan oleh model **KMeans** dengan nilai target yang ada pada dataset. Hal ini dikarenakan model **KMeans** hanya mengelompokkan data sesuai dengan kemiripannya **TANPA** secara otomatis tanpa mempedulikan konsistensi dengan label target sesungguhnya, yakni 0 dan 1.

Representasi mapping ada pada segmen kode

```
f1_ = classification_report(y_test, y_pred, output_dict=True)['weighted avg']['f1-score']

# Flip Label target if f1-score is below 0.3, assume that it caused by mislabeling
if f1_ < 0.3:
    y_pred = [1 if x == 0 else 0 for x in y_pred]
```

Classification Model Analysis

Analisis performa klasifikasi menggunakan **f1-score** dan **confusion matrix**. Kedua metrics berkaitan

merupakan metrik yang umum digunakan untuk menganalisa performa klasifikasi.

Predicting Test Data

```
In [241... pred_models = {}
# Predict for every model
for name, model in models.items():
    y_pred = pickle.load(open(f'{MODEL_DIR}{name}.pkl', 'rb')).predict(X_test)

    if name == 'kmn':
        f1_ = classification_report(y_test, y_pred, output_dict=True)['weighted avg']['f1-score']
        if f1_ < 0.3:
            y_pred = [1 if x == 0 else 0 for x in y_pred]

    pred_models[name] = y_pred
```

Evaluation Metrics Summary

```
In [242... f1_scores_test = {}
d_ctab = {}

targets = ['0', '1']
metrics = ['precision', 'recall', 'f1-score']

n_model = len(pred_models.keys())
idx = [[], []]
data = []
for i in pred_models.keys():
    idx[0] += [i] * 2
    idx[1].append('0')
    idx[1].append('1')

for name, y_pred in pred_models.items():
    report = classification_report(y_test, y_pred, output_dict=True)
    accu = accuracy_score(y_test, y_pred)

    for target in targets:
        sub_data = []
        for metric in metrics:
            sub_data.append(report[target][metric])
        sub_data.append(accu if target == '0' else '(same as above)')
        data.append(sub_data)

    f1_scores_test[name] = report['weighted avg']['f1-score']

df_eval = pd.DataFrame(data, index=idx, columns=metrics + ['accuracy']).rename_axis(['Model', 'Label'])
df_eval.style.set_caption("METRICS SUMMARY")
```

Out[242]:

METRICS SUMMARY					
		precision	recall	f1-score	accuracy
Model	Label				
dtc	0	0.930233	0.930233	0.930233	0.947368
	1	0.957746	0.957746	0.957746	(same as above)
id3	0	0.950000	0.883721	0.915663	0.938596
	1	0.932432	0.971831	0.951724	(same as above)
kmn	0	1.000000	0.674419	0.805556	0.877193
	1	0.835294	1.000000	0.910256	(same as above)

logreg	0	0.975610	0.930233	0.952381	0.964912
	1	0.958904	0.985915	0.972222	(same as above)
mlpc	0	1.000000	0.837209	0.911392	0.938596
	1	0.910256	1.000000	0.953020	(same as above)
svc	0	1.000000	0.860465	0.925000	0.947368
	1	0.922078	1.000000	0.959459	(same as above)

Metrics Visualization & Analysis

Setelah melakukan prediksi terhadap `_testing_data_`, akan dilakukan analisis terhadap 3 metrics utama, yakni:

1. **F1-Score** : merupakan nilai kalkulasi dari *precision* dan *recall* yang dihasilkan oleh model.
2. **Precision** : merupakan nilai yang mengukur seberapa akurat model dalam memprediksi data yang benar-benar positif dari keseluruhan tebakannya.
3. **Recall** : merupakan nilai yang mengukur seberapa akurat model dalam memprediksi data yang benar-benar positif dari keseluruhan data yang sebenarnya positif.

```
In [243... fig, ax = plt.subplots(1,6, sharey = True, figsize = (30,5))
best_model = df_eval[['f1-score']].idxmax(axis=0)

i = 0
for model in pred_models.keys():
    df_eval.loc[model][df_eval.columns[:3]].T.plot(kind = "bar", ax=ax[i], color = ['darkgray', 'darkgray', 'darkgray'])

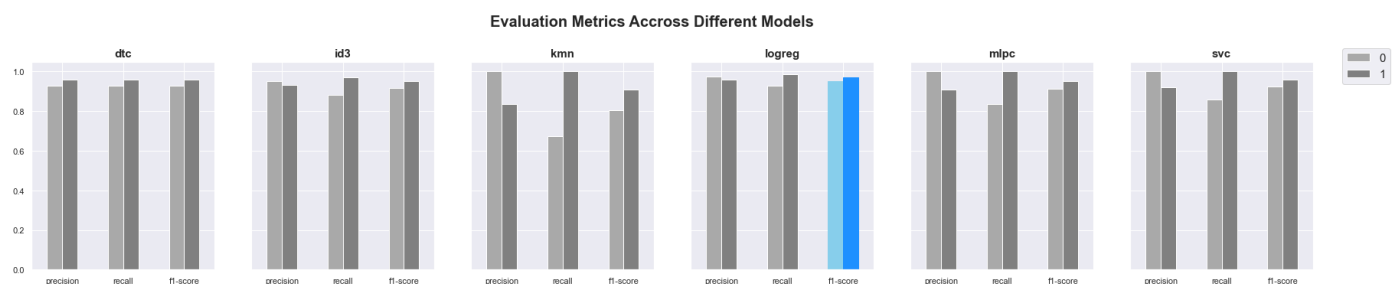
    if model == best_model[0][0]:
        # change f1-score bar to other color
        ax[i].get_children()[2].set_color('skyblue')
        ax[i].get_children()[5].set_color('dodgerblue')

    ax[i].set_title(model, fontsize=15, fontweight='bold')

    # turn off legend and rotate xticks
    ax[i].legend().set_visible(False)
    for tick in ax[i].get_xticklabels():
        tick.set_rotation(0)
    i += 1

handles, labels = ax[0].get_legend_handles_labels()
fig.legend(handles, labels, loc='upper right', bbox_to_anchor=(0.95, 0.95), fontsize=15)
fig.suptitle('Evaluation Metrics Accross Different Models', fontsize=20, fontweight='bold')

plt.show()
```



Analisa untuk tiap *metric*

Secara garis besar, dapat dilihat bahwa model **Logistic Regression** memiliki performa pengujian yang paling baik di antara model lainnya, walau dengan galat yang cenderung kecil. Kasus klasifikasi menggunakan data `breast_cance` ini merupakan kasus yang cukup sederhana, sehingga secara umum `_base_model_` dapat digunakan untuk mendapatkan hasil yang cukup optimal.

Analisa setiap *metric* adalah sebagai berikut :

1. F1-Score

Keseluruhan **f1-score** didapat dari perhitungan precision dan recall. **F1-Score** terbaik dimiliki oleh model *logreg* dan terburuk dimiliki *kmeans*. Implementasi menggunakan *kmeans* disinyalir memang kurang sesuai untuk use case klasifikasi yang merupakan *supervised learning* sehingga performa yang dihasilkan cenderung lebih rendah. Selain itu, dapat dilihat bahwa **f1-score** label `0` cenderung lebih rendah dibandingkan dengan label `1`.

Berikut merupakan jumlah data untuk tiap label pada `dataset` utama,

```
label 1 : 357
label 0 : 212
```

Salah satu faktor yang dapat berperan adalah adanya perbedaan proporsi jumlah pada `_training_data_` dari kedua label, sehingga menimbulkan kecenderungan bias pada model latih yang lebih *favorable* pada kasus dengan label berdata lebih banyak.

2. Precision

Precision diartikan dinotasikan dalam rumus berikut

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

Dengan demikian, **precision** merupakan nilai yang mengukur seberapa akurat model dalam memprediksi data yang **benar-benar** merupakan bagian dari label tertentu. Dari hasil evaluasi, dapat dilihat **5 dari 6** model memiliki *precision* yang lebih tinggi pada label `0` dibandingkan label `1` dengan galat maksimal sebesar `0.2`. Fenomena ini dapat disebabkan beberapa hal, di antaranya pemilihan model dan jumlah data.

Berkaitan dengan jumlah data, telah dielaborasi bahwa data dengan label `0` berjumlah lebih sedikit. Semakin sedikit pelatihan pada suatu label, maka kecenderungan model untuk melakukan prediksi label terkait menurun. Hal ini merupakan kasus umum yang terjadi pada *imbalanced dataset*. Dengan basis tersebut, kecenderungan model untuk menebak label `0` akan lebih rendah sehingga meminimalisir kejadian **FALSE POSITIVE (FP)**. Rendahnya nilai **FP** akan berimplikasi pada meningkatnya nilai **precision**.

Di sisi lain, label `1` lebih sering ditebak dikarenakan data latih mengenal lebih banyak kasus-kasus yang menghasilkan prediksi label bersangkutan, berimplikasi pada meningkatnya kecenderungan terjadinya **FALSE POSITIVE (FP)** sehingga terjadi penurunan pada nilai **precision**.

3. Recall

Tingginya **precision** tidak selalu berujung pada performa model yang baik. Kecenderungan model untuk tidak melakukan prediksi pada label tertentu akan berimplikasi pada tingginya nilai **FALSE NEGATIVE (FN)** karena banyak instans data yang gagal diprediksi.

Recall dinotasikan dalam rumus berikut

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

Dengan demikian, **recall** merupakan nilai yang mengukur seberapa akurat model dalam memprediksi **keseluruhan** data yang menjadi bagian dari label tertentu. Dari hasil evaluasi **semua** model memiliki tingkat **recall** pada label **0** lebih rendah dibandingkan label **1**. Hal ini berhubungan dengan metrics sebelumnya, yakni **precision**, dimana jumlah data merupakan faktor yang bermain pada tingkat **recall**. Semakin sedikit data yang dimiliki, maka tingkat **recall** akan semakin rendah dikarenakan model akan cenderung tidak melakukan prediksi yang mengeluarkan label terkait, alhasil kemungkinan terjadinya **FALSE NEGATIVE (FN)** lebih tinggi karena banyak instans data yang gagal diprediksi.

Begitu pula sebaliknya, apabila model lebih familiar dengan label tertentu, maka kecenderungan model untuk melakukan prediksi label berkaitan lebih tinggi. Memang terdapat kemungkinan bahwa **FALSE POSITIVE (FP)** akan terjadi, tetapi khusus untuk metric **recall** yang hanya mempertimbangkan jumlah **FALSE NEGATIVE (FN)**, instans data yang gagal tertebak akan lebih sedikit.

Confusion Matrix, persebaran kuantitatif prediksi instans data

```
In [244... fig, ax = plt.subplots(2,3, figsize=(15,10))

i = 0

for name, y_pred in pred_models.items():
    conf_mat = confusion_matrix(y_true=y_test, y_pred=pred_models[name])

    # show number inside matrix
    for (j,k),label in np.ndenumerate(conf_mat):
        if j == 1 and k == 1:
            ax[i // 3,i % 3].text(k,j,label,ha='center',va='center', color='lightgrey',
            else:
                ax[i // 3,i % 3].text(k,j,label,ha='center',va='center', fontsize=15)

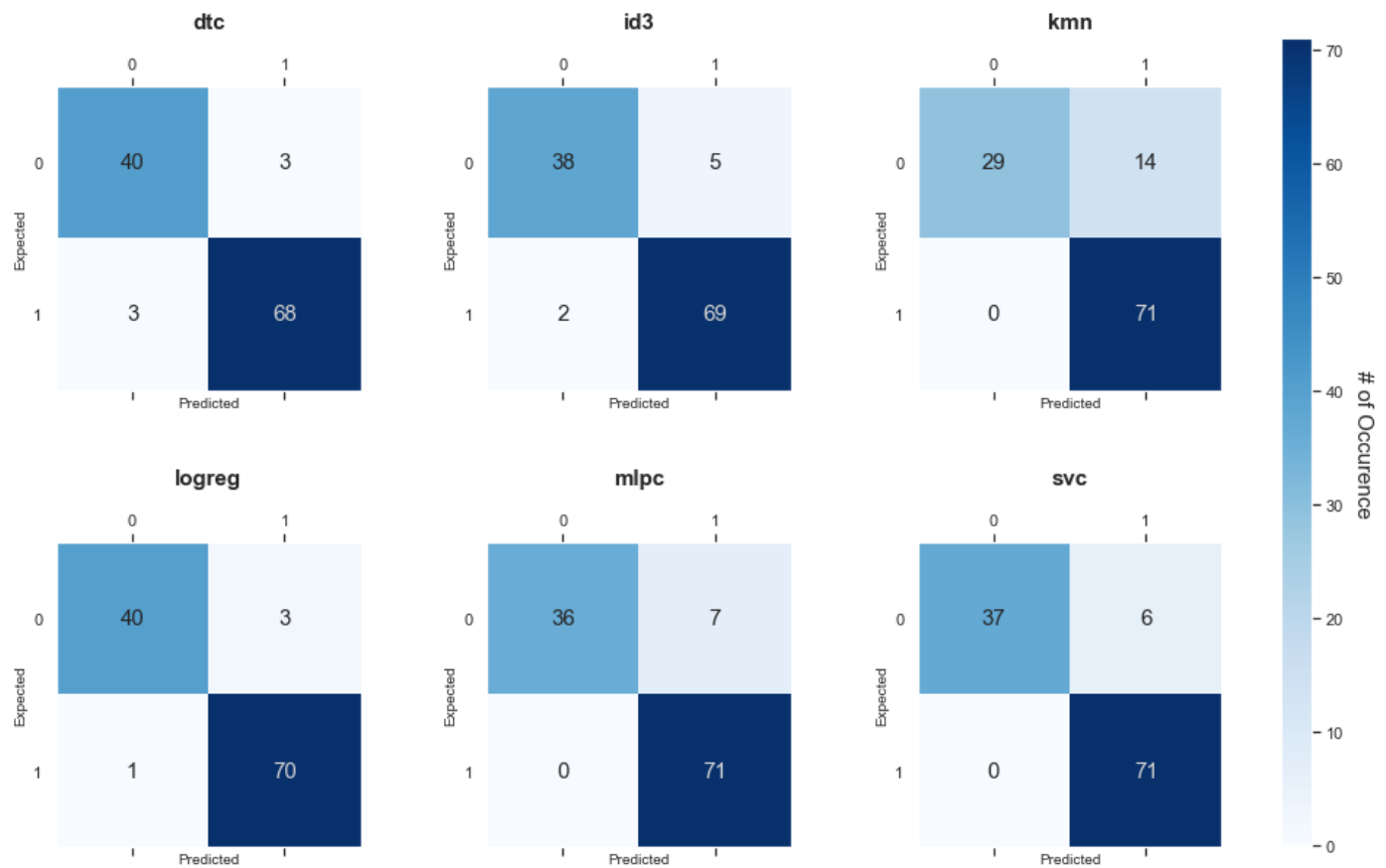
    # Mapping for every subplot
    ax[i // 3,i % 3].grid(False)
    ax[i // 3,i % 3].matshow(conf_mat, cmap=plt.cm.Blues)
    ax[i // 3,i % 3].set_title(name, pad=20, fontsize=15, fontweight='bold')
    ax[i // 3,i % 3].set_xlabel('Predicted', fontsize=10)
    ax[i // 3,i % 3].set_ylabel('Expected', fontsize=10)

    cax = ax[i // 3,i % 3].matshow(conf_mat, cmap=plt.cm.Blues)
    i += 1

box = ax[1,2].get_position()
colorBarPos = plt.axes([box.x0 + box.width + 0.02, box.y0, 0.02, box.height * 2.25])

fig.suptitle('Confusion Matrix Accross Different Models', fontsize=20, fontweight='bold')
fig.subplots_adjust(top=0.85, hspace = 0.5)
cbar = plt.colorbar(cax, ax=ax, cax = colorBarPos)
cbar.ax.set_ylabel('# of Occurence', rotation=270, fontsize=15, labelpad=20)
plt.show()
```

Confusion Matrix Across Different Models



Selaras dengan analisis, **confusion matrix** memberikan validasi lebih lanjut bahwa terdapat lebih banyak kemunculan **FALSE POSITIVE (FP)** pada label **1**, yakni di setiap pojok kanan dari matriks tiap model.

Secara garis besar, dapat disimpulkan beberapa hal:

- **Logistic Regression** merupakan model yang paling optimal untuk kasus ini, dengan **f1-score** tertinggi, **precision** dan **recall** yang baik.
- Model yang memiliki **precision** tinggi dapat berarti dua hal:
 - Model bersangkutan baik performanya, atau
 - Model bersangkutan "takut" untuk melakukan prediksi pada label tertentu. Dapat diuji dengan membandingkan **recall**.
- Model yang memiliki **recall** tinggi dapat berarti dua hal:
 - Model bersangkutan baik performanya, atau
 - Model bersangkutan melakukan prediksi berlebihan pada label tertentu. Dapat diuji dengan membandingkan **precision**.
- Umumnya, apabila konstruksi suatu model buruk, akan terjadi korelasi berbalik arah pada **precision** dan **recall** yang dimiliki. Apabila model buruk bersangkutan memiliki **precision** yang tinggi, maka **recall** akan rendah dan sebaliknya. (dapat ditinjau pada bar chart, contohnya pada **kmn**)

Decision Tree Classifier Visualization & K-Fold Cross Validation

```
In [245... dtl = pickle.load(open(f'{MODEL_DIR}dtc.pkl', 'rb'))
print(export_text(dtl, feature_names=list(dataset.feature_names)))

|--- mean concave points <= 0.05
|   |--- worst radius <= 16.83
```

```

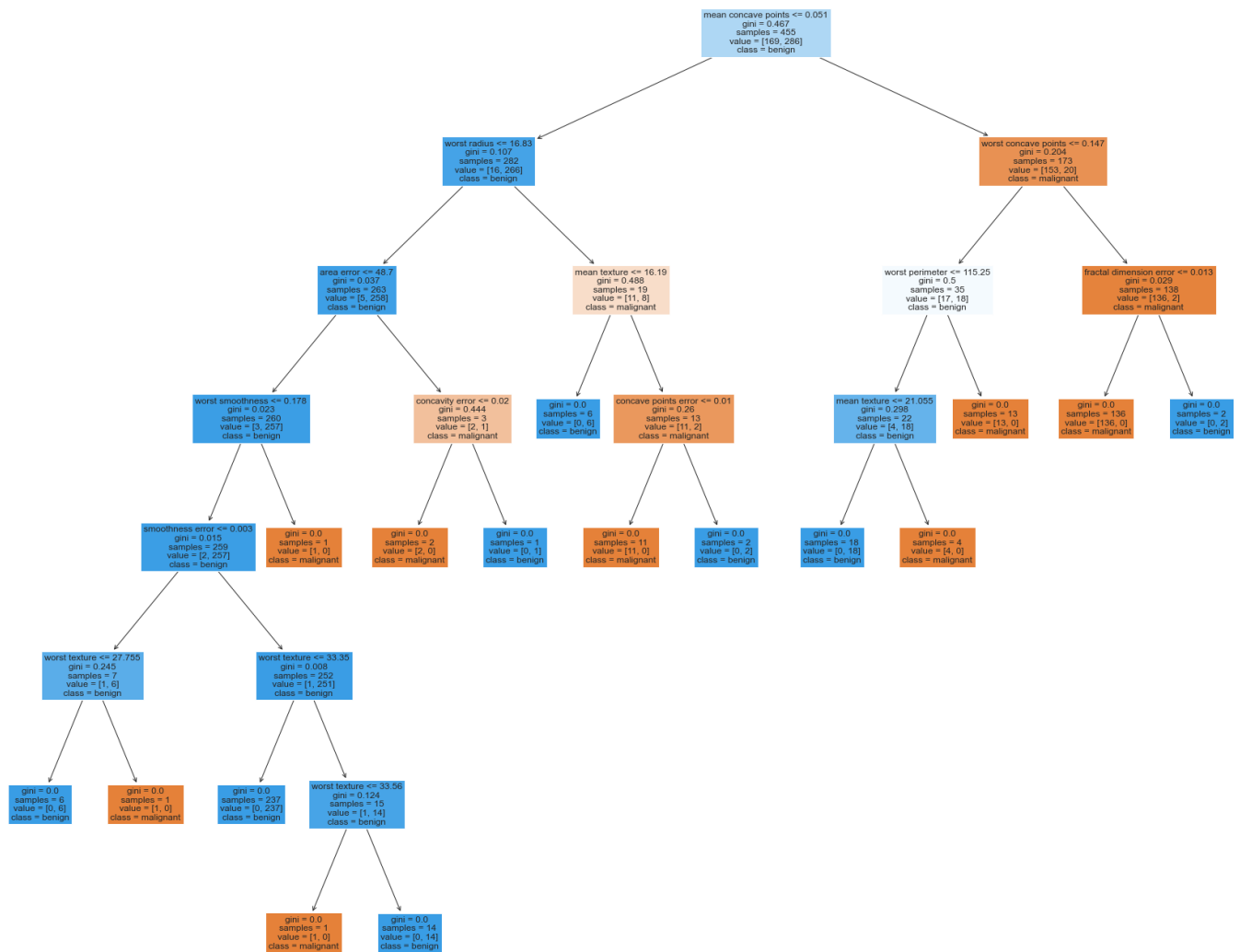
| | | |--- area error <= 48.70
| | | |--- worst smoothness <= 0.18
| | | |--- smoothness error <= 0.00
| | | |--- worst texture <= 27.76
| | | |--- class: 1
| | | |--- worst texture > 27.76
| | | |--- class: 0
| | | |--- smoothness error > 0.00
| | | |--- worst texture <= 33.35
| | | |--- class: 1
| | | |--- worst texture > 33.35
| | | |--- worst texture <= 33.56
| | | |--- class: 0
| | | |--- worst texture > 33.56
| | | |--- class: 1
| | | |--- worst smoothness > 0.18
| | | |--- class: 0
| | | |--- area error > 48.70
| | | |--- concavity error <= 0.02
| | | |--- class: 0
| | | |--- concavity error > 0.02
| | | |--- class: 1
| | | |--- worst radius > 16.83
| | | |--- mean texture <= 16.19
| | | |--- class: 1
| | | |--- mean texture > 16.19
| | | |--- concave points error <= 0.01
| | | |--- class: 0
| | | |--- concave points error > 0.01
| | | |--- class: 1
| | | |--- mean concave points > 0.05
| | | |--- worst concave points <= 0.15
| | | |--- worst perimeter <= 115.25
| | | |--- mean texture <= 21.06
| | | |--- class: 1
| | | |--- mean texture > 21.06
| | | |--- class: 0
| | | |--- worst perimeter > 115.25
| | | |--- class: 0
| | | |--- worst concave points > 0.15
| | | |--- fractal dimension error <= 0.01
| | | |--- class: 0
| | | |--- fractal dimension error > 0.01
| | | |--- class: 1

```

```

In [246... fig = plt.figure(figsize=(30,25))
_ = tree.plot_tree(dtl,
                    feature_names=dataset.feature_names,
                    class_names=dataset.target_names,
                    filled=True, fontsize=12)

```



Dengan menggunakan bantuan kakas visualisasi, dapat dilihat representasi model pohon keputusan yang telah dibuat pada representasi di atas.

KFold Implementation

```
In [247... #10-fold cross validation for decision tree classifier
from sklearn.model_selection import cross_val_score
from sklearn.model_selection import cross_validate
from sklearn.metrics import accuracy_score

kfold = cross_validate(dtc, X_train, y_train, cv=10, scoring=['accuracy', 'f1', 'precision'])

print("Base Accuracy Score: ", accuracy_score(y_test, pred_models['dtc']))
print("Mean K-Fold Accuracy Score: ", (kfold['test_accuracy']).mean())

# Compare f1, precision, recall, accuracy between base model and k-fold model
d = []

d.append({
    'type' : 'base',
    'f1': f1_scores_test['dtc'],
    'precision': classification_report(y_test, pred_models['dtc'], output_dict=True)['we
    'recall': classification_report(y_test, pred_models['dtc'], output_dict=True)['weigh
    'accuracy': accuracy_score(y_test, pred_models['dtc'])
})

d.append({
```

```

'type' : 'k-fold',
'f1': kfold['test_f1'].mean(),
'precision': kfold['test_precision'].mean(),
'recall': kfold['test_recall'].mean(),
'accuracy': kfold['test_accuracy'].mean()
})

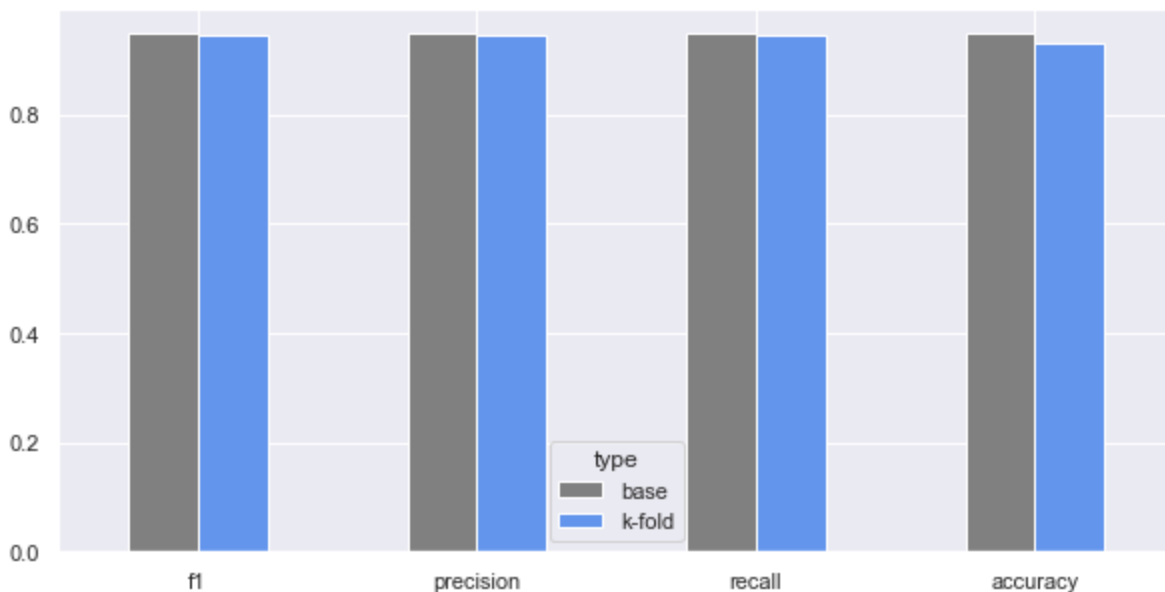
df_kfold = pd.DataFrame(d).set_index('type')
display(df_kfold.style.set_caption("Comparison between base model and k-fold model"))

# Plot the comparison
df_kfold.T.plot(kind='bar', figsize=(10,5), rot=0, color=['grey', 'cornflowerblue'])
plt.show()

```

Base Accuracy Score: 0.9473684210526315
Mean K-Fold Accuracy Score: 0.9297584541062802
Comparison between base model and k-fold model

	f1	precision	recall	accuracy
type				
base	0.947368	0.947368	0.947368	0.947368
k-fold	0.944021	0.945229	0.944335	0.929758



KFold digunakan untuk menguji model yang telah dibuat dengan cara membagi data menjadi beberapa bagian yang sama besar. Setiap bagian akan digunakan sebagai data uji dan data latih. Dengan demikian, model yang dibuat dapat diuji dengan data yang berbeda-beda dan hasil perhitungan metrik diambil dari representasi banyak bagian data. Alhasil, akan mengurangi terjadinya bias tingginya akurasi pada sampel data tertentu saja sehingga inferensi metrics lebih akurat.

Secara garis besar, dapat disimpulkan KFold tidak menghasilkan galat besar sehingga pada model **Decision Tree Classifier** perhitungan metrics tanpa menggunakan KFold telah memberikan hasil yang kredibel dan akurat.

Experimentation on improving best Base Model

Hyperparameter Tuning merupakan teknik yang dapat dilakukan apabila ingin meningkatkan performa model. Salah satu implementasi fine tuning yang kerap digunakan adalah `GridSearchCV` karena mudah dan lingkup pencarian parameter terbaiknya paling luas. Cara kerja `GridSearchCV` adalah dengan

melakukan pencarian parameter terbaik dengan membandingkan hasil evaluasi dari **semua** kombinasi parameter yang hendak diuji.

Kita hendak melakukan peningkatan performa model dengan melakukan fine tuning pada model `logreg` yang telah dibuat sebelumnya. Pada kasus ini, akan dilakukan pencarian terhadap parameter `C`, `penalty`, dan `solver` yang akan digunakan pada model `logreg`.

```
In [248... logreg = pickle.load(open(f'{MODEL_DIR}logreg.pkl', 'rb'))

param_grid = {'C': [0.1, 1, 10, 100, 1000],
              'penalty': ['l1', 'l2'],
              'solver': ['liblinear', 'saga']}
grid = GridSearchCV(logreg, param_grid, refit=True, verbose=2, n_jobs=-1)
grid.fit(X_train, y_train)

print(grid.best_params_)
```

```
Fitting 5 folds for each of 20 candidates, totalling 100 fits
{'C': 100, 'penalty': 'l1', 'solver': 'liblinear'}
```

Setelah mendapatkan parameter terbaik dari kemungkinan yang dimasukkan, kita dapat melakukan pelatihan ulang dengan spesifikasi parameter yang telah ditentukan.

```
In [249... # use best estimator model and compare with base models
logreg = pickle.load(open(f'{MODEL_DIR}logreg.pkl', 'rb'))
tuned_logreg = grid.best_estimator_

tuned_logreg.fit(X_train, y_train)

y_pred_tuned = best_logreg.predict(X_test)
y_pred_base = logreg.predict(X_test)

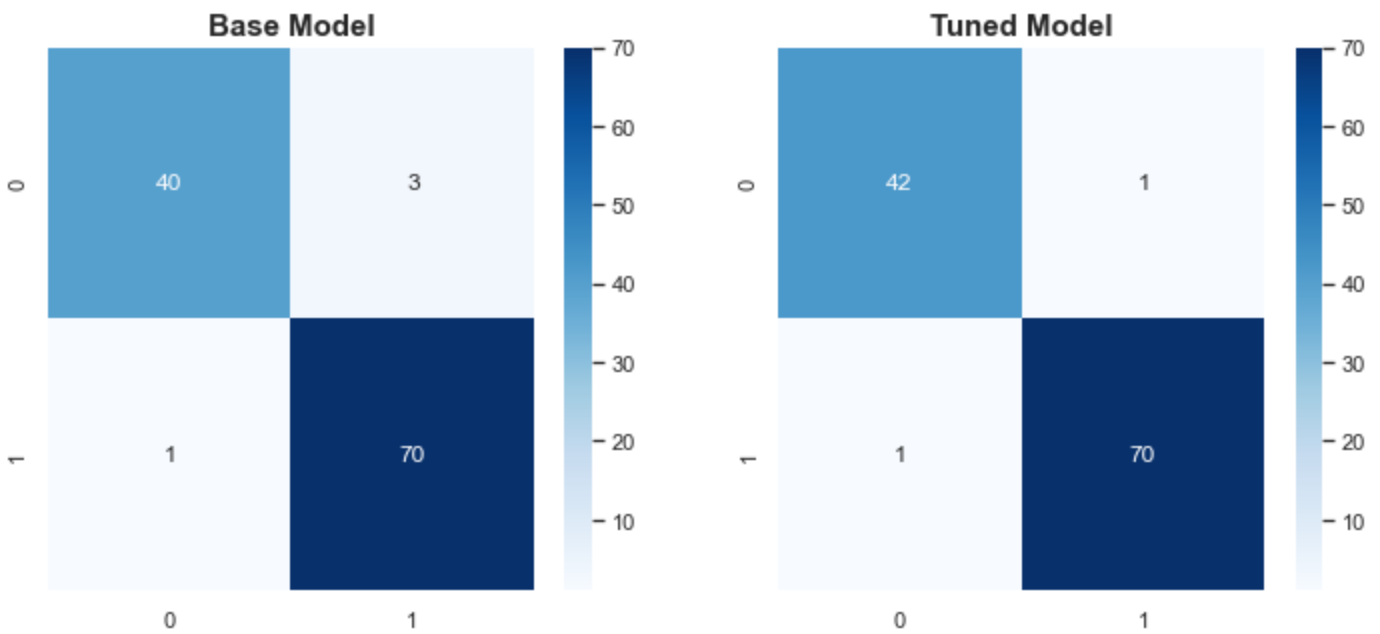
print("Base Accuracy: ", accuracy_score(y_test, pred_models['logreg']))
print("Tuned Accuracy: ", accuracy_score(y_test, y_pred_tuned))

# get confusioon matrix of tuned model and visualize
fig, (ax_base, ax_tuned) = plt.subplots(1,2 , figsize=(12,5))
conf_mat_tuned = confusion_matrix(y_true=y_test, y_pred=y_pred_tuned)
conf_mat = confusion_matrix(y_true=y_test, y_pred=y_pred_base)

sns.heatmap(conf_mat, annot=True, fmt='d', cmap=plt.cm.Blues, ax=ax_base)
ax_base.set_title('Base Model', fontsize=15, fontweight='bold')

sns.heatmap(conf_mat_tuned, annot=True, fmt='d', cmap=plt.cm.Blues, ax=ax_tuned)
ax_tuned.set_title('Tuned Model', fontsize=15, fontweight='bold')
plt.show()
```

```
Base Accuracy:  0.9649122807017544
Tuned Accuracy: 0.9824561403508771
```

On the top of the cake, the model improved!

Apabila dibandingkan dengan **base model**, performa model yang telah dituning mengalami peningkatan pada keseluruhan *metrics*. Hyperparamter tuning sendiri biasanya merupakan teknik yang dilakukan di akhir saat pemilihan model telah terdefinisi dengan jelas, kemampuan hyperparamater tuning sendiri umumnya tidak dapat meningkatkan performa secara drastis, tetapi layak dicoba apabila ingin mencoba mendapatkan performa yang lebih baik dengan waktu komputasi yang *reasonable*.