1. Membuat Gelombang Sinus dan Cosinus

Membuat gelombang sinus dan cosinus dalam array waktu `t` dan sinyal-sinyal sinusoidal berdasarkan persamaan yang diberikan. Array `t` dibuat dengan rentang dari `0 hingga 2` *seconds* dengan *steps* `0.0001 sec`. Sinyal-sinyal sinusoidal akan dibuat menggunakan `np.sin()` dan `np.cos()`.

Sinyal didefinisikan selama 2 periode. Bentuk umum sinyal sinusoidal adalah

$A \cdot \sin(2\pi ft + \phi)$ atau $A \cdot \cos(2\pi ft + \phi)$

di mana:

- A adalah amplitudo,
- f adalah frekuensi,
- ϕ adalah fase,
- Periode $T = \frac{1}{f}$.

Berikut ini adalah persamaan gelombang sinus dan cosinus yang digunakan:

- $y1 = 2 \cdot \sin(2\pi \cdot 3 \cdot t + 0)$
- $y2 = 1 \cdot \cos(2\pi \cdot 4 \cdot t + \pi/4)$
- $y3 = -1 \cdot \sin(2\pi \cdot 5 \cdot t + \pi/2)$
- $y4 = 0.5 \cdot \cos(2\pi \cdot 6 \cdot t + \pi)$

Frequencies:

- y_1: Frequency $f_1 = 3$ Hz, so period $T_1 = \frac{1}{3}$ seconds.
- y_2: Frequency $f_2 = 4$ Hz, so period $T_2 = \frac{1}{4}$ seconds.
- y_3: Frequency $f_3 = 5$ Hz, so period $T_3 = \frac{1}{5}$ seconds.
- y_4: Frequency $f_4 = 6$ Hz, so period $T_4 = \frac{1}{6}$ seconds.

For 2 periods, the longest period is $T_1 = \frac{1}{3}$, so 2 periods = $\frac{2}{3}$ seconds. Number of points:

$$\text{Number of points} = \frac{\text{Duration}}{\Delta t} = \frac{\frac{2}{3}}{0.0001} = \frac{2}{3} \cdot 10^4 \approx 6667$$

Kode di bawah ini menggunakan NumPy untuk menghitung nilai sinyal berdasarkan array waktu.

In [13]:
```
# Cell 1: Generate sine and cosine waves
import numpy as np

# Parameters
```

```
step_size = 0.0001  # Delta t
duration = 2/3      # 2 periods of the signal with the longest period (f=3 Hz)
t = np.arange(0, duration, step_size)  # Time array

# Generate the signals
y1 = 2 * np.sin(2 * np.pi * 3 * t + 0)          # 2 * sin(2π * 3 * t + 0)
y2 = 1 * np.cos(2 * np.pi * 4 * t + np.pi/4)    # 1 * cos(2π * 4 * t + π/4)
y3 = 1 * np.sin(2 * np.pi * 5 * t + np.pi/2)    # 1 * sin(2π * 5 * t + π/2)
y4 = 0.5 * np.cos(2 * np.pi * 6 * t + np.pi)    # 0.5 * cos(2π * 6 * t + π)

print("Time array shape:", t.shape)
print("Signal shapes:", y1.shape, y2.shape, y3.shape, y4.shape)
```

```
Time array shape: (6667,)
Signal shapes: (6667,) (6667,) (6667,) (6667,)
```

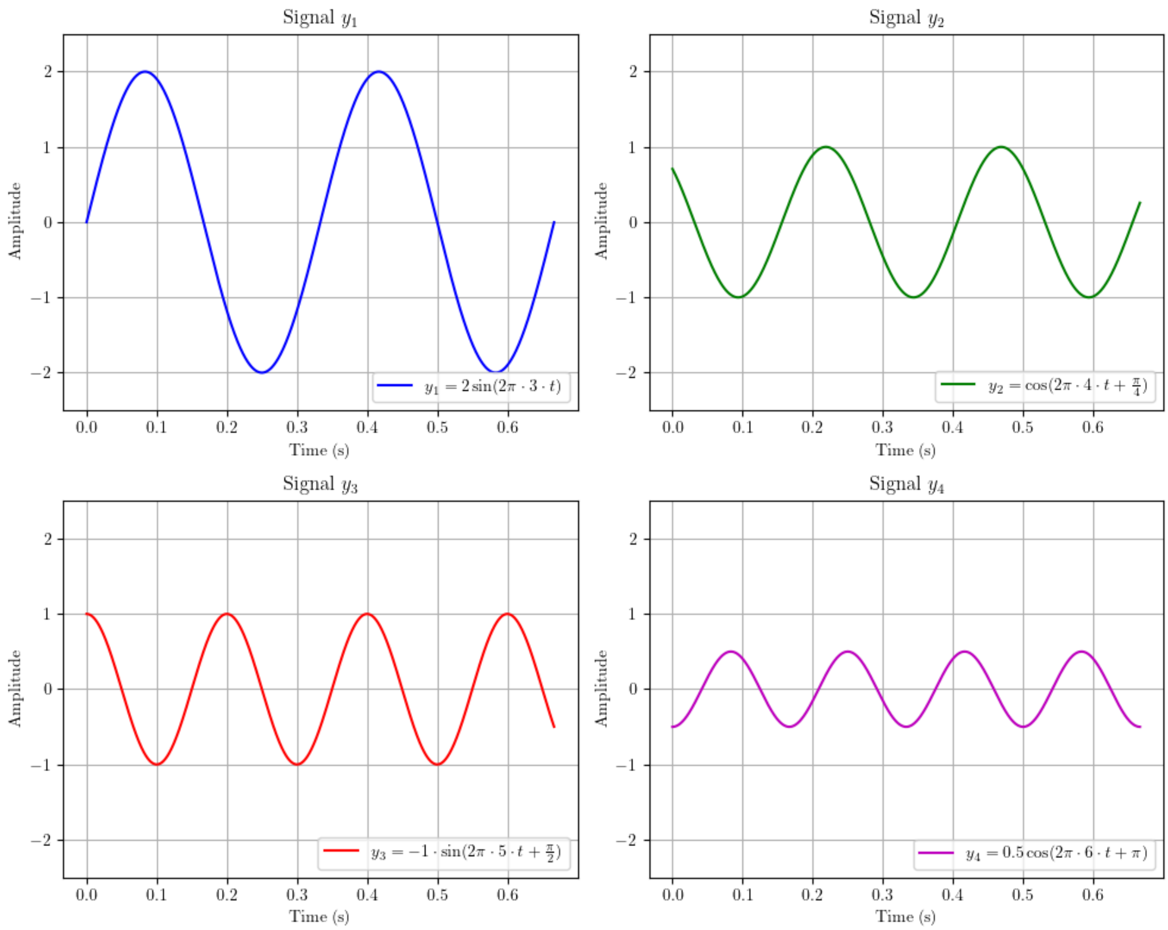
---

2. Perbandingan Subplot

Tahap ini melibatkan pembuatan visualisasi dengan 4 subplot dalam grid 2x2 untuk membandingkan sinyal $y1$, $y2$, $y3$, dan $y4$ secara berdampingan. Setiap subplot menampilkan satu sinyal dengan label dan judul yang sesuai untuk memudahkan identifikasi. Matplotlib digunakan untuk membuat plot ini, dengan penyesuaian layout menggunakan `tight_layout()` agar tidak tumpang tindih.

In [14]:
```
import matplotlib.pyplot as plt

# Create a 2x2 subplot grid
plt.figure(figsize=(10, 8))

# Enable LaTeX rendering for Matplotlib (optional but recommended)
plt.rc('text', usetex=True)  # Uncomment if you have LaTeX installed
plt.rc('font', family='serif')

# Subplot 1: y1 (Blue)
plt.subplot(2, 2, 1)
plt.plot(t, y1, color='b', label=r'$y_1 = 2 \sin(2\pi \cdot 3 \cdot t)$')
plt.title('Signal $y_1$')
plt.xlabel('Time (s)')
plt.ylabel('Amplitude')
plt.grid(True)
plt.legend(loc='lower right')
plt.ylim(-2.5, 2.5)

# Subplot 2: y2 (Green)
plt.subplot(2, 2, 2)
plt.plot(t, y2, color='g', label=r'$y_2 = \cos(2\pi \cdot 4 \cdot t + \frac{\pi}
plt.title('Signal $y_2$')
plt.xlabel('Time (s)')
plt.ylabel('Amplitude')
plt.grid(True)
plt.legend(loc='lower right')
plt.ylim(-2.5, 2.5)

# Subplot 3: y3 (Red)
plt.subplot(2, 2, 3)
```

```
plt.plot(t, y3, color='r', label=r'$y_3 = -1 \cdot \sin(2\pi \cdot 5 \cdot t + \
plt.title('Signal $y_3$')
plt.xlabel('Time (s)')
plt.ylabel('Amplitude')
plt.grid(True)
plt.legend(loc='lower right')
plt.ylim(-2.5, 2.5)

# Subplot 4: y4 (Purple)
plt.subplot(2, 2, 4)
plt.plot(t, y4, color='m', label=r'$y_4 = 0.5 \cos(2\pi \cdot 6 \cdot t + \pi)$'
plt.title('Signal $y_4$')
plt.xlabel('Time (s)')
plt.ylabel('Amplitude')
plt.grid(True)
plt.legend(loc='lower right')
plt.ylim(-2.5, 2.5)

# Adjust layout to prevent overlap
plt.tight_layout()
plt.show()
```



3. Pertanyaan Analisis

A. Berapa amplitudo dan frekuensi masing-masing sinyal?

Jawaban

Menghitung Amplitudo dan Frekuensi untuk Setiap Sinyal

Sinyal $y_1 = 2 \cdot \sin(2\pi \cdot 3 \cdot t + 0)$:

- **Amplitudo**:
  - Persamaannya adalah $y_1 = 2 \cdot \sin(2\pi \cdot 3 \cdot t + 0)$.
  - Koefisien fungsi sinus adalah 2.
  - Oleh karena itu, amplitudo $A_1 = 2$. Ini berarti y_1 berosilasi antara -2 dan $+2$.
- **Frekuensi**:
  - Argumen fungsi sinus adalah $2\pi \cdot 3 \cdot t + 0$.
  - Koefisien t adalah $2\pi \cdot 3$.
  - Menggunakan rumus frekuensi:

$$2\pi f_1 = 2\pi \cdot 3 \implies f_1 = \frac{2\pi \cdot 3}{2\pi} = 3$$

- Jadi, frekuensi $f_1 = 3$ Hz, yang berarti y_1 menyelesaikan 3 siklus per detik.
- Atau, persamaan tersebut ditulis sebagai $2\pi \cdot 3 \cdot t$, di mana 3 secara langsung merupakan frekuensi: $f_1 = 3$ Hz.

Sinyal $y_2 = 1 \cdot \cos(2\pi \cdot 4 \cdot t + \frac{\pi}{4})$:

- **Amplitudo**:
  - Persamaannya adalah $y_2 = 1 \cdot \cos(2\pi \cdot 4 \cdot t + \frac{\pi}{4})$.
  - Koefisien fungsi kosinus adalah 1.
  - Oleh karena itu, amplitudo $A_2 = 1$. Ini berarti y_2 berosilasi antara -1 dan $+1$.
- **Frekuensi**:
  - Argumen fungsi kosinus adalah $2\pi \cdot 4 \cdot t + \frac{\pi}{4}$.
  - Koefisien t adalah $2\pi \cdot 4$.
  - Menggunakan rumus:

$$2\pi f_2 = 2\pi \cdot 4 \implies f_2 = \frac{2\pi \cdot 4}{2\pi} = 4$$

- Jadi, frekuensi $f_2 = 4$ Hz, yang berarti y_2 menyelesaikan 4 siklus per detik.
- Langsung dari persamaan, $f_2 = 4$ Hz.

Sinyal $y_3 = 1 \cdot \sin(2\pi \cdot 5 \cdot t + \frac{\pi}{2})$:

- **Amplitudo**:
  - Persamaannya adalah $y_3 = 1 \cdot \sin(2\pi \cdot 5 \cdot t + \frac{\pi}{2})$.

- Koefisien fungsi sinus adalah 1. Oleh karena itu, amplitudo $A_3 = 1$. Ini berarti y_3 berosilasi antara -1 dan $+1$.

Frekuensi:

Argumen fungsi sinus adalah $2\pi \cdot 5 \cdot t + \frac{\pi}{2}$.

- Koefisien t adalah $2\pi \cdot 5$. ... #### **Sinyal** $y_4 = 0,5 \cdot \cos(2\pi \cdot 6 \cdot t + \pi)$:
- **Amplitudo**:
  - Persamaannya adalah $y_4 = 0,5 \cdot \cos(2\pi \cdot 6 \cdot t + \pi)$.
  - Koefisien fungsi kosinus adalah 0,5.
  - Oleh karena itu, amplitudo $A_4 = 0,5$. Ini berarti y_4 berosilasi antara $-0,5$ dan $+0,5$.
- **Frekuensi**:
  - Argumen fungsi kosinus adalah $2\pi \cdot 6 \cdot t + \pi$.
  - Koefisien t adalah $2\pi \cdot 6$.
  - Menggunakan rumus:

$$2\pi f_4 = 2\pi \cdot 6 \implies f_4 = \frac{2\pi \cdot 6}{2\pi} = 6$$

- Jadi, frekuensi $f_4 = 6$ Hz, artinya y_4 menyelesaikan 6 siklus per detik.

B. Bagaimana pergeseran fase mempengaruhi posisi gelombang?

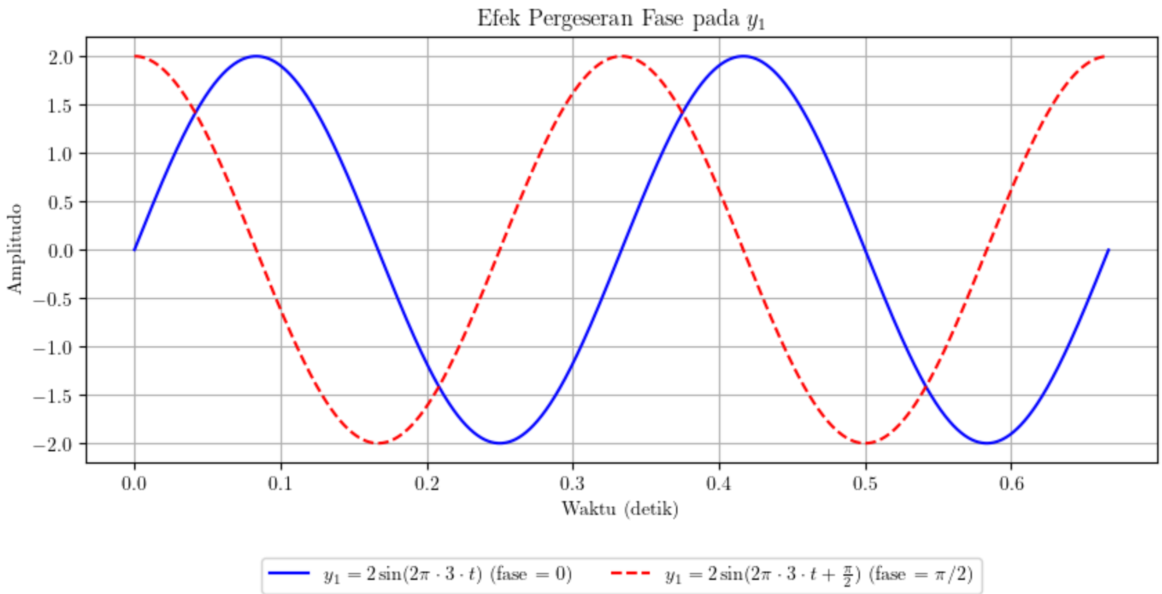
Jawaban

Pergeseran fase (ϕ) dalam gelombang sinusoidal $A \cdot \sin(2\pi ft + \phi)$ atau $A \cdot \cos(2\pi ft + \phi)$ menggeser posisi gelombang secara horizontal. Pergeseran fase positif (misalnya $\pi/2$) menggeser gelombang ke kiri (maju), sedangkan negatif menggeser ke kanan (mundur). Sebagai contoh, jika fase $y1$ diubah dari 0 menjadi $\pi/2$, gelombang akan bergeser sebesar seperempat siklus ke kiri.

In [15]:

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

# Parameter
step_size = 0.0001  # Delta t (langkah waktu)
duration = 2/3      # Durasi: 2 periode y1 (f=3 Hz, T=1/3 s)
t = np.arange(0, duration, step_size)  # Array waktu

# Sinyal asli y1 dengan fase = 0
y1_original = 2 * np.sin(2 * np.pi * 3 * t + 0)

# Sinyal y1 dengan pergeseran fase = pi/2
y1_shifted = 2 * np.sin(2 * np.pi * 3 * t + np.pi/2)
```

```
# Konfigurasi LaTeX untuk Matplotlib (opsional, uncomment jika LaTeX terinstal)
plt.rc('text', usetex=True)
plt.rc('font', family='serif')

# Plotting
plt.figure(figsize=(10, 4))
plt.plot(t, y1_original, label=r'$y_1 = 2 \sin(2\pi \cdot 3 \cdot t)$ (fase = 0)
plt.plot(t, y1_shifted, label=r'$y_1 = 2 \sin(2\pi \cdot 3 \cdot t + \frac{\pi}{
plt.title(r'Efek Pergeseran Fase pada $y_1$')
plt.xlabel('Waktu (detik)')
plt.ylabel('Amplitudo')
plt.grid(True)
plt.legend(loc='upper center', bbox_to_anchor=(0.5, -0.2), ncol=2)
plt.show()


# Hitung dan tampilkan pergeseran waktu
f = 3  # Frekuensi y1
phi = np.pi/2
time_shift = phi / (2 * np.pi * f)
print(f"Pergeseran waktu untuk fase phi = pi/2: {time_shift:.4f} detik")
print(f"Periode y1: T = 1/3 ≈ 0.333 detik")
print(f"Seperempat siklus: T/4 = (1/3)/4 = 1/12 ≈ 0.0833 detik, sesuai dengan pe
```




```
Pergeseran waktu untuk fase phi = pi/2: 0.0833 detik
Periode y1: T = 1/3 ≈ 0.333 detik
Seperempat siklus: T/4 = (1/3)/4 = 1/12 ≈ 0.0833 detik, sesuai dengan pergeseran
waktu.
```

C. Bandingkan sinyal-sinyal dengan amplitudo yang berbeda dan diskusikan bagaimana amplitudo mempengaruhi tampilan gelombang

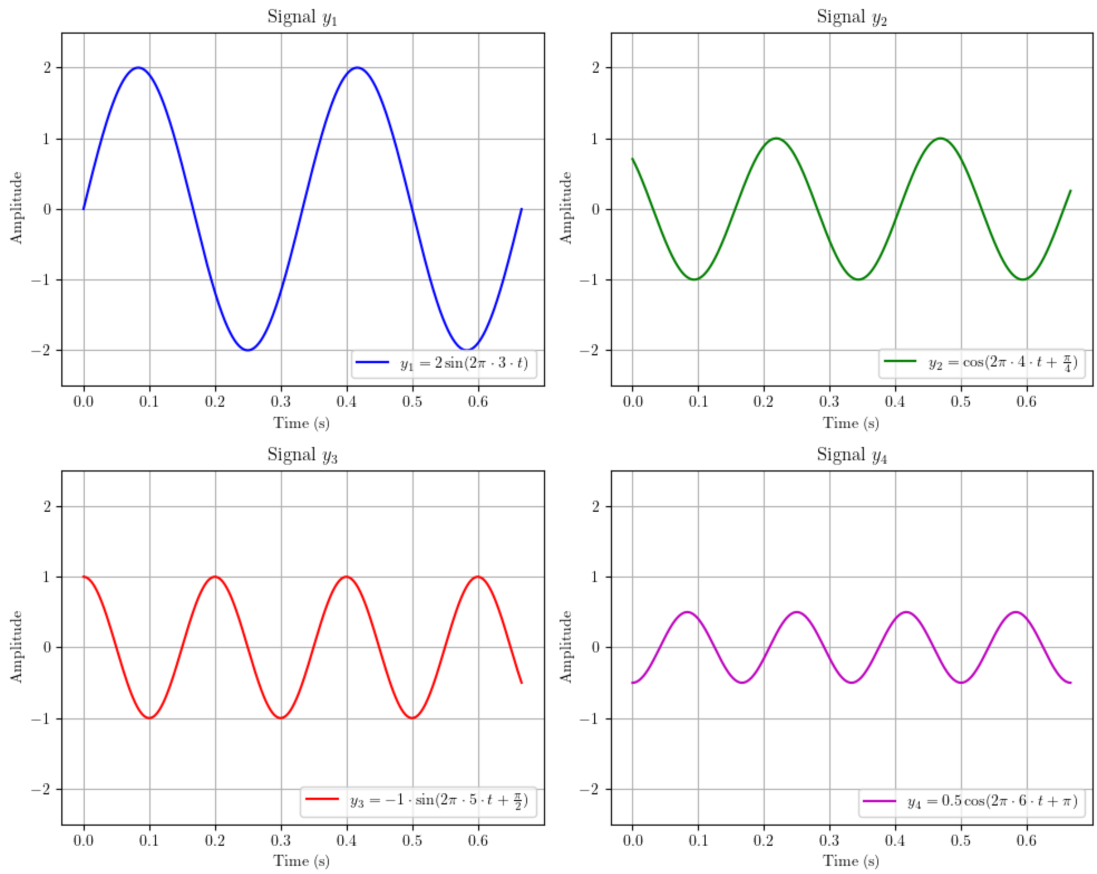
---

Jawaban

Amplitudo menentukan skala vertikal gelombang, yaitu nilai maksimum dan minimum yang dicapai gelombang. Amplitudo yang lebih besar berarti gelombang yang lebih tinggi, sedangkan amplitudo yang lebih kecil berarti gelombang yang lebih pendek.

- Untuk y_1 dengan $A_1 = 2$, gelombang berosilasi antara -2 dan $+2$, menjadikannya yang tertinggi di antara sinyal-sinyal.
- Untuk y_2 dan y_3 dengan $A_2 = A_3 = 1$, gelombang berosilasi antara -1 dan $+1$, setengah dari tinggi y_1.
- Untuk y_4 dengan $A_4 = 0,5$, gelombang berosilasi antara $-0,5$ dan $+0,5$, yang terpendek di antara sinyal-sinyal.

Dalam petak petak 2x2 (dari tugas sebelumnya di atas), hal ini tampak jelas secara visual bahwa y_1 memiliki puncak terbesar, y_2 dan y_3 memiliki puncak sedang, dan y_4 memiliki puncak terkecil. Amplitudo secara langsung mengubah skala gelombang secara vertikal, memengaruhi intensitas atau kekuatan yang dirasakan, tetapi tidak mengubah frekuensi atau fasenya.



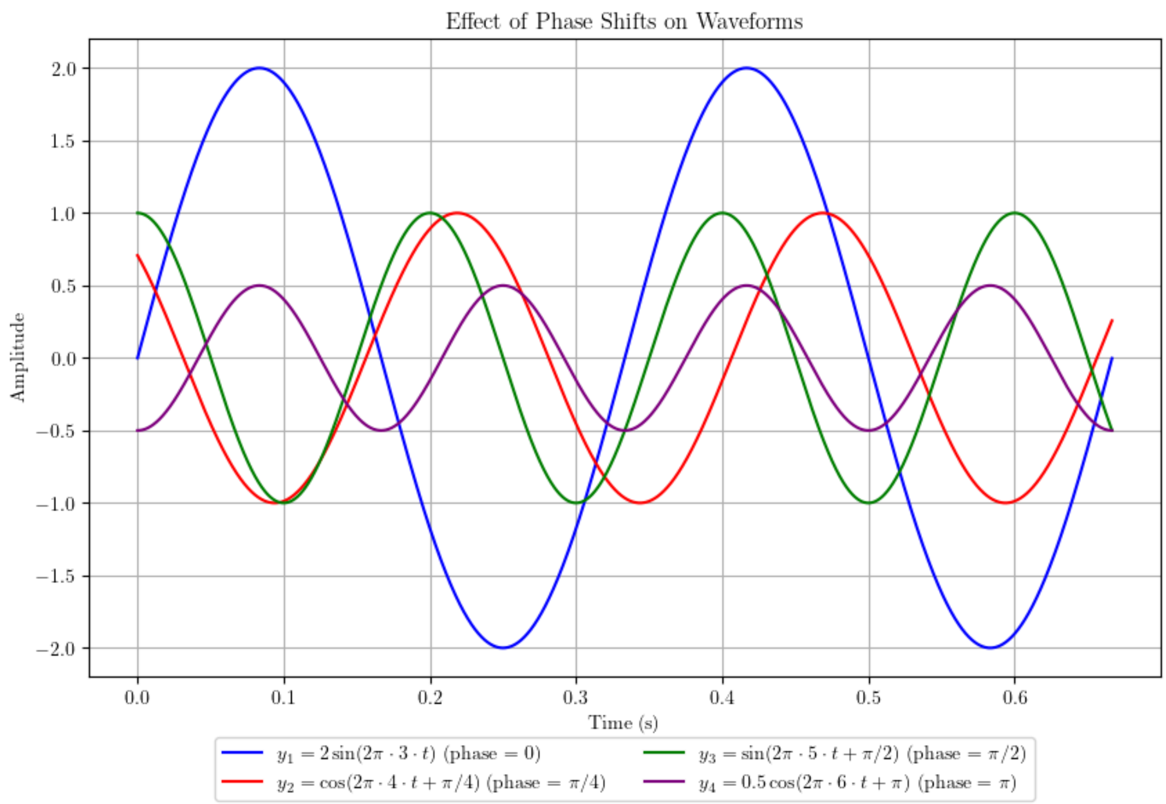
D. Bandingkan sinyal-sinyal dengan pergeseran fase yang berbeda dan diskusikan bagaimana pergeseran fase mempengaruhi tampilan gelombang

---

Jawaban

- Pergeseran fase yang berbeda $(0, \pi/4, \pi/2, \pi)$ mengubah titik awal gelombang. Misalnya, $y2$ dimulai pada nilai positif karena $\pi/4$, sementara $y4$ dimulai pada puncak negatif karena π, yang memengaruhi perataan dan interferensi saat digabungkan.

In [16]:
```
# Cell: Visualize Phase Shifts with LaTeX Rendered Equations
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from IPython.display import display, Math

# Enable LaTeX rendering in Matplotlib (using built-in renderer)
plt.rc('text', usetex=True)  # Set to True if you have a LaTeX installation

# Parameters
step_size = 0.0001  # Delta t
duration = 2/3      # 2 periods of y1 (f=3 Hz, T=1/3 s)
t = np.arange(0, duration, step_size)  # Time array

# Generate the signals
y1 = 2 * np.sin(2 * np.pi * 3 * t + 0)              # Phase = 0
y2 = 1 * np.cos(2 * np.pi * 4 * t + np.pi/4)        # Phase = π/4
y3 = 1 * np.sin(2 * np.pi * 5 * t + np.pi/2)        # Phase = π/2
y4 = 0.5 * np.cos(2 * np.pi * 6 * t + np.pi)        # Phase = π

# Plotting with raw strings for LaTeX labels
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.plot(t, y1, label=r'$y_1 = 2 \sin(2\pi \cdot 3 \cdot t)$ (phase = 0)', color
plt.plot(t, y2, label=r'$y_2 = \cos(2\pi \cdot 4 \cdot t + \pi/4)$ (phase = $\pi
plt.plot(t, y3, label=r'$y_3 = \sin(2\pi \cdot 5 \cdot t + \pi/2)$ (phase = $\pi
plt.plot(t, y4, label=r'$y_4 = 0.5 \cos(2\pi \cdot 6 \cdot t + \pi)$ (phase = $\

plt.title('Effect of Phase Shifts on Waveforms')
plt.xlabel('Time (s)')
plt.ylabel('Amplitude')
plt.grid(True)
plt.legend(loc='upper center', bbox_to_anchor=(0.5, -0.08), ncol=2)
plt.show()

# Render LaTeX equations for the signals
display(Math(r'y_1 = 2 \sin(2\pi \cdot 3 \cdot t)'))
display(Math(r'y_2 = \cos(2\pi \cdot 4 \cdot t + \frac{\pi}{4})'))
display(Math(r'y_3 = \sin(2\pi \cdot 5 \cdot t + \frac{\pi}{2})'))
display(Math(r'y_4 = 0.5 \cos(2\pi \cdot 6 \cdot t + \pi)'))

# Render observation with LaTeX
display(Math(r'\text{Observation: Each waveform shifts left based on its phase.
```



$$y_1 = 2\sin(2\pi \cdot 3 \cdot t)$$

$$y_2 = \cos(2\pi \cdot 4 \cdot t + \frac{\pi}{4})$$

$$y_3 = \sin(2\pi \cdot 5 \cdot t + \frac{\pi}{2})$$

$$y_4 = 0.5\cos(2\pi \cdot 6 \cdot t + \pi)$$

Observation: Each waveform shifts left based on its phase. y_1 (phase 0) starts at 0, y_2 (phase $\pi/4$

---

4. Tugas Lanjutan

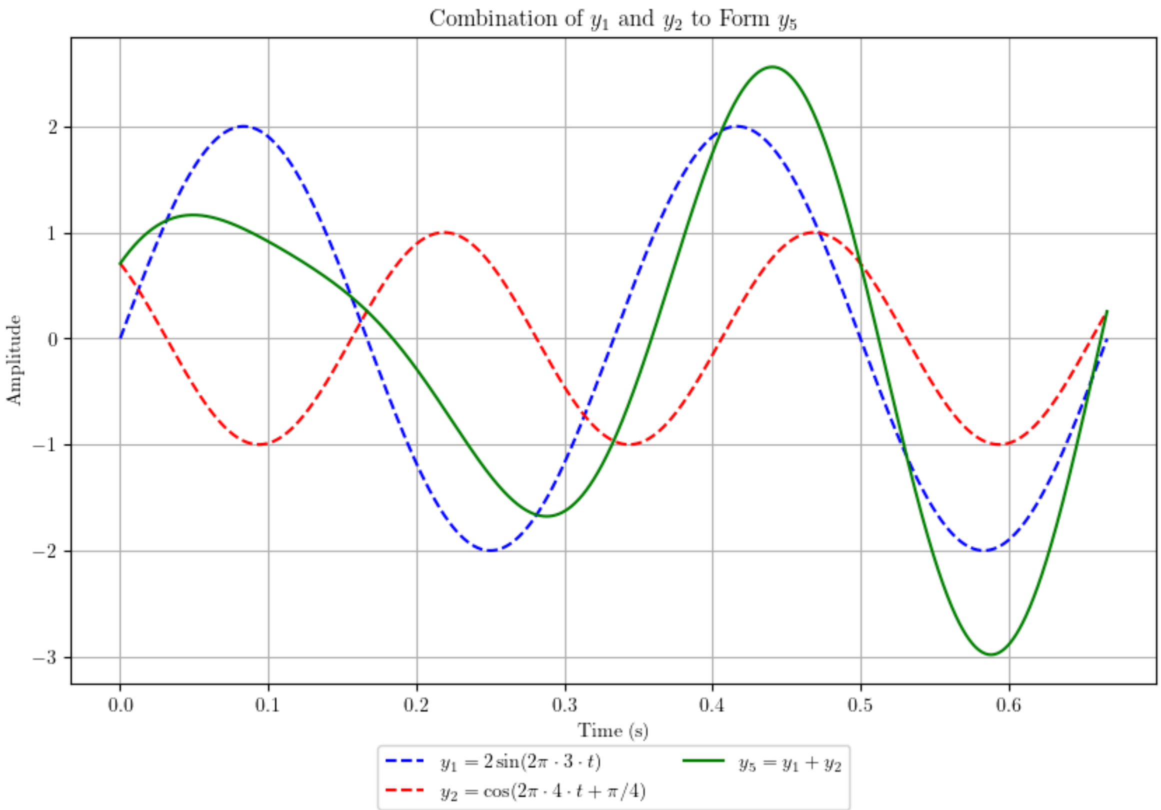
A. Buat sinyal baru $y5$ yang merupakan kombinasi dari $y1$ dan $y2$ yaitu $y5 = y1 + y2$

In [17]:
```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
plt.rc('text', usetex=True)  # Set to True if you have a LaTeX installation

# Parameters
step_size = 0.0001  # Delta t
duration = 2/3      # 2 periods of y1 (f=3 Hz, T=1/3 s)
t = np.arange(0, duration, step_size)  # Time array

# Generate the original signals
y1 = 2 * np.sin(2 * np.pi * 3 * t + 0)              # Phase = 0
y2 = 1 * np.cos(2 * np.pi * 4 * t + np.pi/4)        # Phase = π/4
```

```python
# Create y5 as the sum of y1 and y2
y5 = y1 + y2
```

B. Plot $y5$ dan diskusikan bagaimana kombinasi dua gelombang sinus/cosinus mempengaruhi bentuk gelombang yang dihasilkan.

In [18]:
```python
from IPython.display import display, Math
from IPython.display import Markdown

# Plotting
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.plot(t, y1, label=r'$y_1 = 2 \sin(2\pi \cdot 3 \cdot t)$', color='blue', lin
plt.plot(t, y2, label=r'$y_2 = \cos(2\pi \cdot 4 \cdot t + \pi/4)$', color='red'
plt.plot(t, y5, label=r'$y_5 = y_1 + y_2$', color='green')
plt.title('Combination of $y_1$ and $y_2$ to Form $y_5$')
plt.xlabel('Time (s)')
plt.ylabel('Amplitude')
plt.grid(True)
plt.legend(loc='upper center', bbox_to_anchor=(0.5, -0.08), ncol=2)
plt.show()
```



Pengaruh Kombinasi Gelombang Sinus/Cosinus

Kombinasi y_1 dan y_2 menghasilkan y_5, yaitu penjumlahan dua gelombang sinusoidal dengan frekuensi, amplitudo, dan fase yang berbeda:

- y_1 memiliki frekuensi 3 Hz, amplitudo 2, dan fase 0.
- y_2 memiliki frekuensi 4 Hz, amplitudo 1, dan fase $\frac{\pi}{4}$.

Pengaruh Kombinasi

- **Interferensi**:
  Gelombang y_1 dan y_2 saling bertemu, kadang menambah tinggi (interferensi konstruktif) dan kadang menurunkan (interferensi destruktif), sehingga y_5 menunjukkan pola osilasi yang rumit.

- **Frekuensi Berbeda**:
  Perbedaan frekuensi 3 Hz dan 4 Hz menciptakan efek *beat* (irama), dengan frekuensi beat sekitar:

  $$f_{\text{beat}} = |3 - 4| = 1 \text{ Hz}$$

  Hal ini menyebabkan amplitudo y_5 berubah-ubah secara periodik.

- **Amplitudo**:
  Amplitudo maksimum y_5 dapat mencapai:

  $$A_{\text{max}} = 2 + 1 = 3$$

  saat terjadi interferensi konstruktif, dan lebih kecil saat interferensi destruktif.

- **Fase**:
  Fase $\frac{\pi}{4}$ pada y_2 menyebabkan pergeseran relatif terhadap y_1, yang memengaruhi titik-titik pertemuan gelombang.

- **Bentuk Gelombang**:
  y_5 tidak lagi murni sinusoidal, melainkan kombinasi yang menunjukkan variasi amplitudo dan frekuensi yang lebih kompleks.

Kesimpulan

Kombinasi dua gelombang sinus/cosinus menghasilkan gelombang baru yang bentuknya dipengaruhi oleh frekuensi, amplitudo, dan fase masing-masing. Pola interferensi dan efek *beat* membuat y_5 memiliki karakteristik yang lebih beragam dibandingkan gelombang aslinya.

LAMPIRAN

Beberapa referensi dan link percakapan dengan LLM dalam membantu mengerjakan tugas ini:

- Grok By XAi
- Generating Sine Wave in Python
- IPython Display Docs
- Matplotlib Docs