

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian tentang kemampuan degradasi hidrokarbon alifatik dan aromatik oleh isolat bakteri hidrokarbonoklastik dari lumpur pantai Kenjeran dilakukan melalui beberapa tahap yaitu, *screening* bakteri pendegradasi hidrokarbon poliaromatik dengan metode sublimasi (Alley and Brown, 1999 dalam Purbowati, 2010), perhitungan TPC (*Total Plate Count*) dan pengukuran pH pada media kultur yang masing-masing mengandung senyawa hidrokarbon alifatik, monoaromatik, dan poliaromatik dan diinkubasi selama 0, 3, dan 7 hari, pengukuran persentase biodegradasi senyawa hidrokarbon alifatik, monoaromatik, dan poliaromatik yang diinkubasi selama 7 hari menggunakan metode GC (*Gas Chromatography*), dan melakukan identifikasi bakteri yang memiliki kemampuan paling baik dalam degradasi hidrokarbon alifatik, monoaromatik, dan poliaromatik.

Hasil dari tahap-tahap penelitian tersebut disajikan dan dibahas secara berurutan sebagai berikut.

4.1. *Screening* bakteri pendegradasi hidrokarbon poliaromatik dengan metode sublimasi (Alley and Brown, 1999 dalam Purbowati, 2010)

Screening bakteri pendegradasi hidrokarbon poliaromatik (PAH) dengan metode sublimasi dilakukan pada tujuh isolat bakteri dengan masa inkubasi 24-72 jam untuk mengetahui kemampuan masing-masing isolat

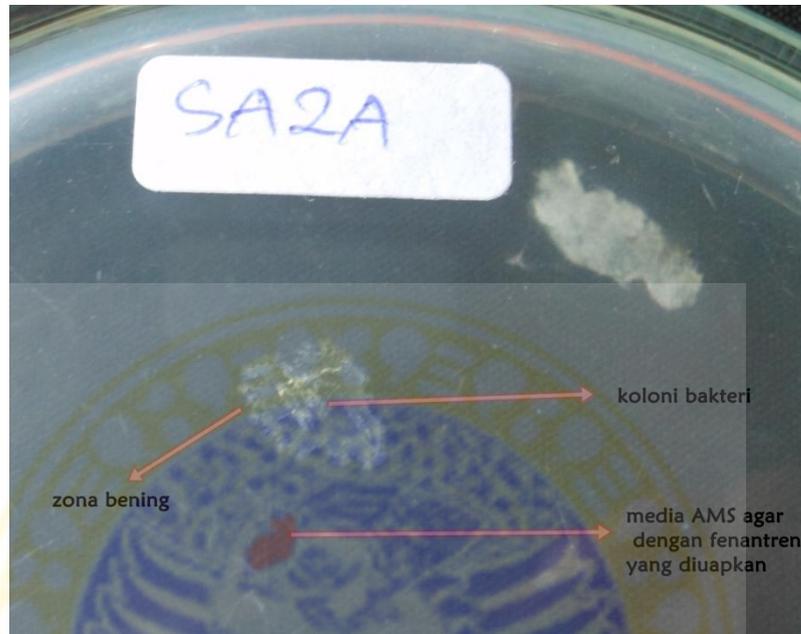
bakteri dalam mendegradasi PAH secara kualitatif. Hasil dari *screening* tersebut disajikan pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Hasil *screening* bakteri pendegradasi hidrokarbon poliaromatik dengan metode sublimasi dengan masa inkubasi 24-72 jam

Kode Isolat Bakteri	Zona Bening	
	Ada	Tidak
OA2E1	√	
SA1A	√	
OA2G	√	
OA2E2	√	
MB1C	√	
SA2A	√	
OA1E	√	

Pada Tabel 4.1, terlihat bahwa semua isolat memberikan hasil positif pada *screening* tersebut. Hasil positif ditandai dengan munculnya zona bening di sekeliling koloni bakteri. Diameter zona bening tidak dapat diukur karena bentuknya yang tidak beraturan mengelilingi totalan koloni bakteri. Zona bening juga tidak mudah diamati karena tidak terlalu nampak dan tidak terlalu lebar. Warna media AMS agar yang bening keruh ditambah dengan warna uap fenentren yang tertempel di media agar tidak terlalu mencolok (agak putih) membuat peneliti mengalami kesulitan saat mengamati keberadaan zona bening.

Gambar 4.1 Zona bening hasil *screening* bakteri pendegradasi hidrokarbon poliaromatik dengan metode sublimasi dengan masa inkubasi 24-72 jam



Zona bening yang terbentuk di sekeliling koloni bakteri menunjukkan bahwa koloni bakteri tersebut dapat menggunakan fenantren sebagai sumber karbon dan energi untuk pertumbuhannya. Media AMS yang digunakan tidak mengandung sumber karbon, maka bakteri akan menggunakan senyawa karbon poliaromatik yaitu fenantren sebagai sumber karbon dan energi bagi bakteri (Sheryl *et al.* 1995 dalam Riffiani, 2010). Semakin luas dan semakin bening zona yang terbentuk di sekeliling koloni bakteri, maka semakin tinggi kemampuan degradasi bakteri terhadap senyawa fenantren.

4.2. Pengukuran jumlah sel (TPC) dan pH pada waktu inkubasi (0, 3, dan 7 hari)

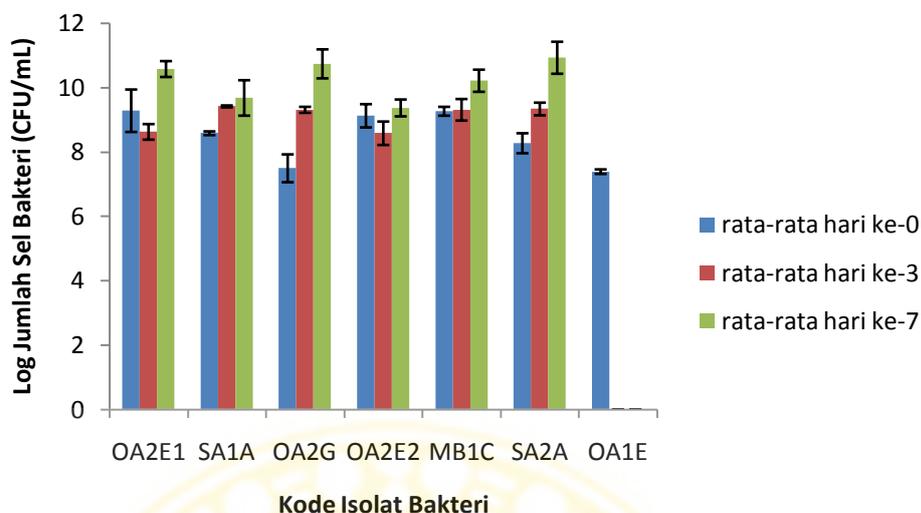
Pengukuran jumlah sel bakteri (TPC) dilakukan untuk mengetahui peningkatan jumlah sel bakteri dari masing-masing jenis bakteri dalam

melakukan aktivitas degradasi dengan masa inkubasi yang telah ditentukan. Sedangkan pengukuran pH dilakukan untuk mengetahui perubahan pH pada tiap media kultur bakteri pendegradasi hidrokarbon dengan masa inkubasi tertentu.

Pengukuran jumlah sel (TPC) dan pH pada waktu inkubasi (0, 3, dan 7) dilakukan pada tiga jenis hidrokarbon yaitu hidrokarbon alifatik (n-heksadekana), hidrokarbon monoaromatik (fenol), dan hidrokarbon poliaromatik (fenantren). Media yang digunakan sebagai kultur tiap isolat adalah media AMS (Air Mineral Sintetik) dengan penambahan masing-masing jenis hidrokarbon secara terpisah.

4.2.1. Perhitungan TPC (*Total Plate Count*) dan pengukuran pH pada media kultur yang mengandung senyawa alifatik

Perhitungan TPC (*Total Plate Count*) pada media kultur yang mengandung senyawa alifatik n-heksadekana dilakukan pada hari ke-0, ke-3, dan ke-7 disajikan pada Gambar 4.2 dan Tabel 4.2 secara berturut-turut.



Gambar 4.2. Rerata ¹⁰log jumlah sel bakteri pendegradasi hidrokarbon alifatik n-heksadekana dengan masa inkubasi 0, 3, dan 7 hari

Tabel 4.2. Hasil perhitungan ¹⁰log jumlah sel bakteri pendegradasi hidrokarbon alifatik n-heksadekana dengan masa inkubasi 0, 3, dan 7 hari

Kode Isolat Bakteri	¹⁰ Log Jumlah Sel Bakteri (CFU/mL)		
	Hari ke-0	Hari ke-3	Hari ke-7
OA2E1	9,28 ± 0,66	8,62 ± 0,24	10,58 ± 0,25
SA1A	8,58 ± 0,06	9,41 ± 0,03	9,68 ± 0,55
OA2G	7,49 ± 0,43	9,31 ± 0,09	10,74 ± 0,45
OA2E2	9,12 ± 0,36	8,58 ± 0,36	9,37 ± 0,26
MB1C	9,26 ± 0,14	9,31 ± 0,33	10,21 ± 0,34
SA2A	8,27 ± 0,31	9,33 ± 0,2	10,93 ± 0,5
OA1E	7,39 ± 0,07	0	0

Pada Gambar 4.2 terlihat bahwa isolat bakteri SA2A memiliki log jumlah sel bakteri tertinggi selama tujuh hari masa inkubasi pada media kultur dengan penambahan n-heksadekana yaitu $10,93 \pm 0,5$ CFU/mL. Sedangkan isolat bakteri yang memiliki log jumlah sel bakteri terendah selama tujuh hari masa inkubasi adalah OA1E (0 CFU/mL).

Dari hasil perhitungan TPC (*Total Plate Count*) ini, terlihat bahwa perbedaan jenis isolat bakteri berpengaruh pada hasil TPC-nya. Untuk membuktikannya, data ini kemudian diuji secara statistik. Untuk menguji normalitas data menggunakan *Kolmogorov Smirnov-Test*, sedangkan untuk menguji data tersebut bersifat homogen atau tidak menggunakan *Test of Homogeneity*. Hasil statistik tersebut menunjukkan bahwa data TPC ini terdistribusi secara normal tetapi tidak homogen. Kemudian dilakukan uji *Brown Forsythe* untuk mengetahui perbedaan nyata dari hasil TPC tiap jenis isolat bakteri. Setelah itu dilakukan uji lanjutan *Games-Howell*. Dari uji tersebut, didapatkan data sebagai berikut.

Tabel 4.3 Hasil uji *Games-Howell* pada data perhitungan TPC tujuh isolat bakteri dengan media kultur n-heksadekana

	OA2E1	SA1A	OA2G	OA2E2	MB1C	SA2A	OA1E
OA2E1		TS	TS	TS	TS	TS	S
SA1A			TS	TS	TS	TS	S
OA2G				TS	TS	TS	S
OA2E2					TS	TS	S
MB1C						TS	S
SA2A							S
OA1E							

Keterangan :

TS = tidak signifikan

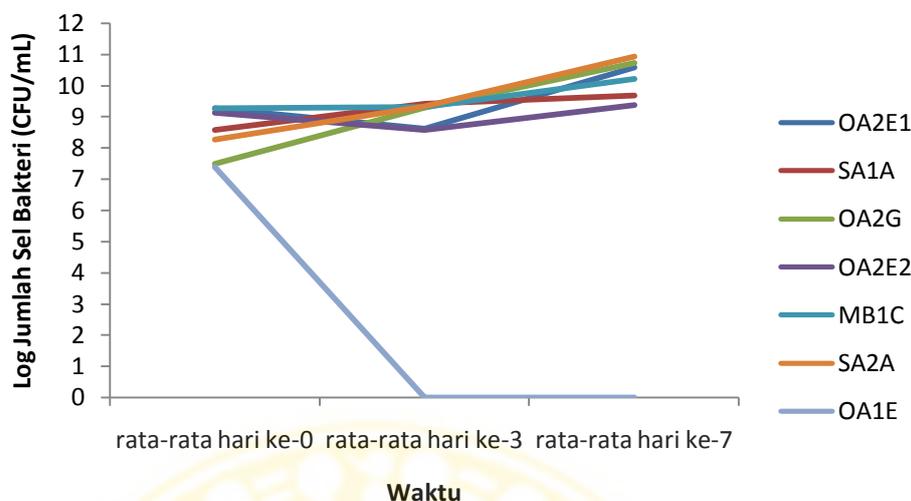
S = signifikan

Dari Tabel 4.3, dijelaskan bahwa OA1E memiliki perbedaan nilai TPC yang signifikan jika dibandingkan dengan isolat bakteri lainnya.

Tabel 4.4 Persentase kenaikan atau penurunan jumlah total sel (%) setiap isolat bakteri pada media kultur n-heksadekana

Kode Isolat Bakteri	Persentase Kenaikan atau Penurunan Jumlah Total Sel (%)			Keterangan
	Hari ke-3 terhadap hari ke-0	Hari ke-7 terhadap hari ke-3	Hari ke-7 terhadap hari ke-0	
OA2E1	3,9 (-)	10,4	6,55	(-) = Penurunan
SA1A	4,4	1,6	6,02	
OA2G	10,7	7	17,83	
OA2E2	2,8 (-)	4,4	1,35	
MB1C	0,3	4,7	4,9	
SA2A	5,7	7,9	13,85	
OA1E	100 (-)	0	100 (-)	

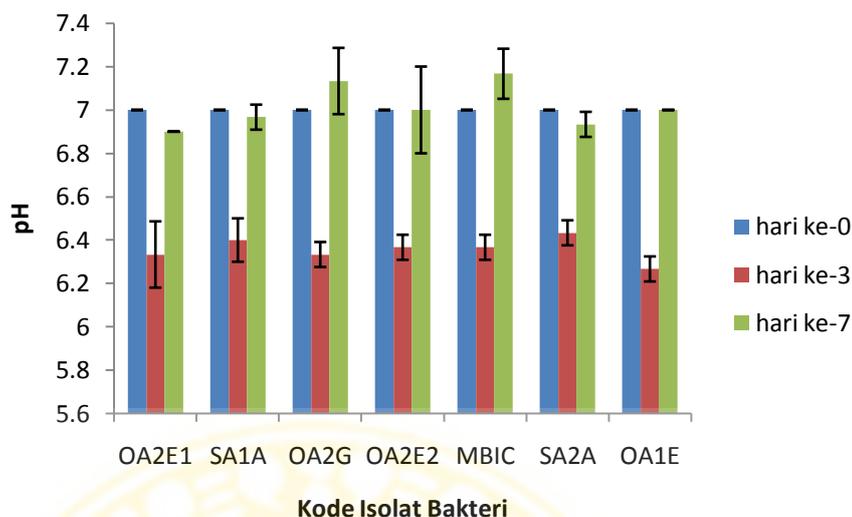
Pada Tabel 4.4 terlihat persentasi kenaikan atau penurunan jumlah total sel setiap isolat bakteri yang ditumbuhkan pada media kultur dengan n-heksadekana. Kode isolat bakteri SA2A mengalami persentase kenaikan yang cukup tinggi. Selama masa inkubasi tujuh, SA2A tidak mengalami penurunan jumlah total sel seperti isolat lainnya. Sedangkan isolat OA1E mengalami penurunan jumlah total sel yang drastis hingga 100 %, yang berarti kematian sel.



Gambar 4.3 Grafik pertumbuhan tujuh isolat bakteri pendegradasi hidrokarbon alifatik n-heksadekana selama masa inkubasi 0, 3, dan 7 hari

Grafik pertumbuhan pada Gambar 4.3 menunjukkan pertumbuhan tujuh isolat bakteri yang mampu mendegradasi senyawa hidrokarbon alifatik n-heksadekana selama 7 hari masa inkubasi. Isolat bakteri SA1A, OA2G, MB1C dan SA2A memulai pembelahan sel lebih cepat daripada isolat bakteri OA2E1 dan OA2E2 yaitu pada masa inkubasi hari ke-3. Sedangkan isolat OA2E1 dan OA2E2 pada masa inkubasi hari ke-3 mengalami fase lag dan pada masa inkubasi hari ke-7 baru memulai fase eksponensial. Selama masa inkubasi 7 hari, belum nampak fase stasioner dan fase kematian. Untuk isolat bakteri OA1E, setelah hari ke-0, langsung terjadi fase kematian. Isolat bakteri ini tidak mengalami pertumbuhan setelah mengalami masa inkubasi 7 hari.

Sedangkan untuk perhitungan pH media kultur dari semua isolat bakteri selama masa inkubasi 0, 3, dan 7 hari disajikan pada Gambar 4.4 dan Tabel 4.5.



Gambar 4.4 Rerata derajat keasaman (pH) media kultur ketujuh isolat bakteri pendegradasi senyawa hidrokarbon alifatik n-heksadekana selama masa inkubasi 0, 3, dan 7 hari

Tabel 4.5 Perhitungan derajat keasaman (pH) media kultur ketujuh isolat bakteri pendegradasi senyawa hidrokarbon alifatik n-heksadekana selama masa inkubasi 0, 3, dan 7 hari

Kode Isolat Bakteri	pH		
	Hari ke-0	Hari ke-3	Hari ke-7
OA2E1	$7 \pm 0,00$	$6,33 \pm 0,15$	$6,9 \pm 0,00^a$
SA1A	$7 \pm 0,00$	$6,4 \pm 0,1$	$6,97 \pm 0,06^a$
OA2G	$7 \pm 0,00$	$6,33 \pm 0,06$	$7,13 \pm 0,15^a$
OA2E2	$7 \pm 0,00$	$6,37 \pm 0,06$	$7 \pm 0,2^a$
MBIC	$7 \pm 0,00$	$6,37 \pm 0,058$	$7,17 \pm 0,12^a$
SA2A	$7 \pm 0,00$	$6,43 \pm 0,06$	$6,93 \pm 0,06^a$
OA1E	$7 \pm 0,00$	$6,27 \pm 0,06$	$7 \pm 0,00^a$

Gambar 4.4 menjelaskan rerata pH masing-masing media kultur isolat dengan penambahan n-heksadekana selama 7 hari masa inkubasi. pH semua isolat bakteri pada hari ke-0 dikondisikan berada pada pH netral. Pada hari ke-3 inkubasi, semua bakteri mengalami penurunan pH yang tidak terlalu

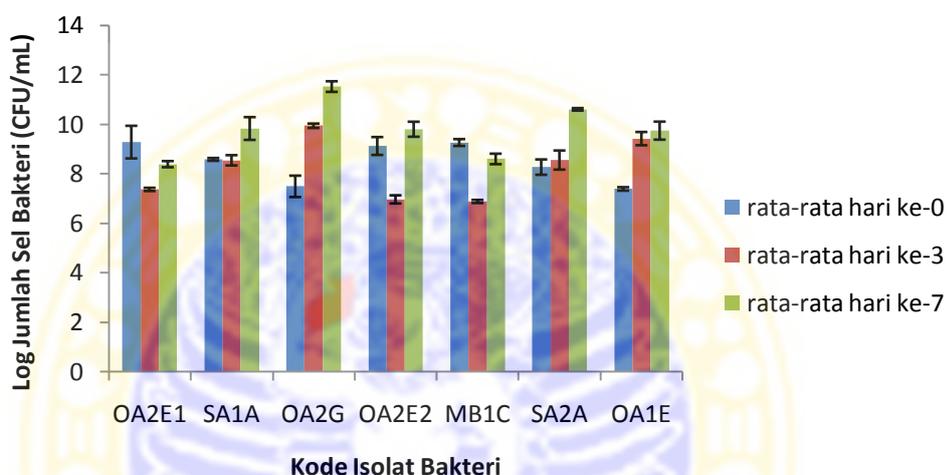
asam. Dan pada hari ke-7 inkubasi, media kultur tiap isolat bakteri kembali berada pada kisaran pH netral (6,5-7,5).

Dari hasil rerata pH ketujuh isolat bakteri terlihat adanya perbedaan nilai antar isolat bakteri. Untuk membuktikannya dilakukan uji statistik dengan menggunakan *Kolmogorov Smirnov-Test* dan *Test of Homogeneity*. Dari uji tersebut diketahui bahwa data nilai pH terdistribusi normal dan homogen. Kemudian untuk mengetahui signifikansi nilai pH antar isolat bakteri menggunakan *one way ANOVA* dengan uji *Duncan*. Dari uji *Duncan* diketahui bahwa perbedaan nilai pH antar jenis isolat bakteri tidak signifikan.

Pada media kultur dengan penambahan senyawa hidrokarbon alifatik n-heksadekana ini, isolat bakteri yang memiliki kemampuan tumbuh terbaik selama tujuh hari masa inkubasi adalah SA2A ($10,93 \pm 0,5$ CFU/mL). Isolat bakteri SA2A ini mengalami kenaikan jumlah total sel tertinggi pada masa inkubasi 7 hari. Hal ini dapat dikarenakan oleh keadaan pH media kultur SA2A berada pada kisaran pH netral. Sehingga pertumbuhan sel tidak terganggu dan dapat memperbanyak diri dengan baik. Selain karena kondisi pH yang netral, isolat bakteri SA2A dapat tumbuh dengan baik karena bakteri ini mampu menggunakan sumber karbon yang disediakan oleh n-heksadekana sebagai asupan nutrisi karbon untuk metabolisme selnya. Sedangkan isolat OA1E tidak mampu tumbuh pada kultur media dengan penambahan n-heksadekana dapat dikarenakan bakteri tersebut tidak dapat menggunakan sumber karbon dari n-heksadekana untuk metabolisme selnya.

4.2.2. Perhitungan TPC (*Total Plate Count*) dan pengukuran pH pada media kultur yang mengandung senyawa monoaromatik

Perhitungan TPC (*Total Plate Count*) pada media kultur yang mengandung senyawa monoaromatik fenol dilakukan pada hari ke-0, ke-3, dan ke-7 dapat dilihat pada Gambar 4.5 dan Tabel 4.6.



Gambar 4.5 Rerata 10^{\log} jumlah sel bakteri pendegradasi hidrokarbon monoaromatik fenol dengan masa inkubasi 0, 3, dan 7 hari

Tabel 4.6 Hasil perhitungan 10^{\log} jumlah sel bakteri pendegradasi hidrokarbon monoaromatik fenol dengan masa inkubasi 0, 3, dan 7 hari

Kode Isolat Bakteri	10^{\log} Log Jumlah Sel Bakteri (CFU/mL)		
	Hari ke-0	Hari ke-3	Hari ke-7
OA2E1	9,28 ± 0,66	7,37 ± 0,07	8,39 ± 0,13 ^a
SA1A	8,58 ± 0,06	8,55 ± 0,21	9,83 ± 0,46 ^{a,b}
OA2G	7,5 ± 0,43	9,94 ± 0,09	11,53 ± 0,21 ^b
OA2E2	9,12 ± 0,36	6,97 ± 0,16	9,8 ± 0,3 ^{a,b}
MB1C	9,26 ± 0,14	6,88 ± 0,06	8,6 ± 0,21 ^{a,b}
SA2A	8,27 ± 0,31	8,56 ± 0,39	10,6 ± 0,05 ^{a,b}
OA1E	7,39 ± 0,07	9,42 ± 0,27	9,74 ± 0,37 ^{a,b}

Pada Gambar 4.5 terlihat bahwa isolat bakteri OA2G memiliki log jumlah sel bakteri tertinggi selama tujuh hari masa inkubasi pada media kultur dengan penambahan fenol yaitu $11,53 \pm 0,21$ CFU/mL. Sedangkan isolat bakteri yang memiliki log jumlah sel bakteri terendah selama tujuh hari masa inkubasi adalah OA2E1 ($8,39 \pm 0,13$ CFU/mL).

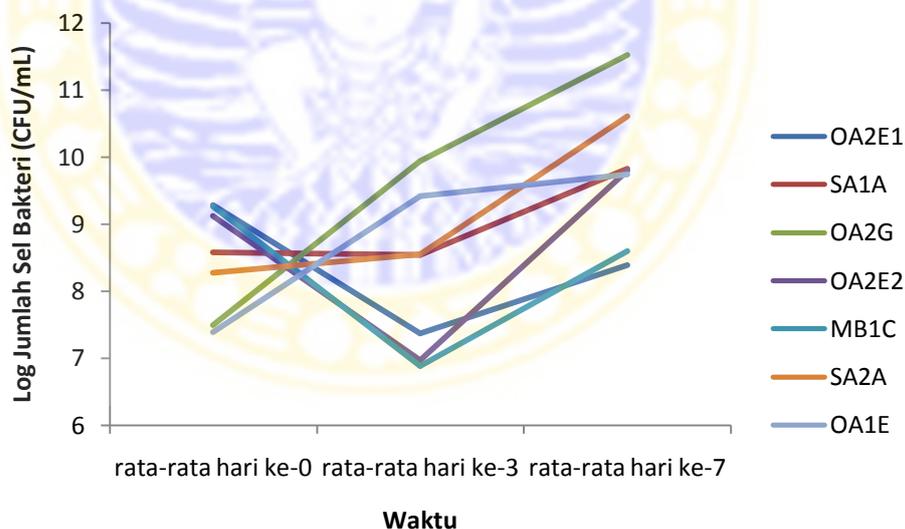
Dari hasil perhitungan TPC (*Total Plate Count*), setiap jenis isolat bakteri yang berbeda memiliki hasil TPC yang berbeda-beda juga. Untuk membuktikannya, data TPC kemudian diuji normalitas data menggunakan *Kolmogorov Smirnov-Test* dan homogenitas data menggunakan *Test of Homogeneity of*. Hasil statistik tersebut menunjukkan bahwa data TPC ini terdistribusi secara normal dan homogen. Kemudian dilakukan uji lanjutan secara statistik menggunakan *one way ANOVA* dengan uji *Duncan*. Dari hasil uji *Duncan* terlihat bahwa isolat bakteri OA2E1 dan OA2G memiliki perbedaan jumlah sel yang signifikan.

Tabel 4.7 Persentase kenaikan atau penurunan jumlah total sel (%) setiap isolat bakteri pada media kultur fenol

Kode Isolat Bakteri	Persentase Kenaikan atau Penurunan Jumlah Total Sel (%)			Keterangan
	Hari ke-3 terhadap hari ke-0	Hari ke-7 terhadap hari ke-3	Hari ke-7 terhadap hari ke-0	
OA2E1	11,4 (-)	6,3	5,04 (-)	(-) = Penurunan
SA1A	0,23 (-)	6,5	6,8	
OA2G	11,2	7,5	21,18	
OA2E2	13,04 (-)	16,7	3,6	
MB1C	14,8 (-)	10,96	3,7 (-)	
SA2A	1,8	10,4	12,2	
OA1E	11,9	1,6	13,72	

Berdasarkan persentase kenaikan dan penurunan jumlah total sel (Tabel 4.7), terlihat bahwa isolat bakteri OA2G dengan jumlah total sel tertinggi terus mengalami kenaikan yang cukup stabil selama 7 hari masa inkubasi. Sedangkan bakteri OA2E1 dengan jumlah total sel terendah, mengalami penurunan pada hari ke-3. Meskipun persentase penurunan jumlah total sel OA2E1 tidak serendah MB1C, akan tetapi OA2E1 tidak mengalami kenaikan yang cukup tinggi pada hari ke-7 jika dibandingkan dengan MB1C. Sehingga, jumlah total sel yang dimiliki OA2E1 tetap lebih rendah daripada MB1C.

Grafik kenaikan dan penurunan jumlah total sel dapat dilihat dengan jelas pada Gambar 4.6 berikut.

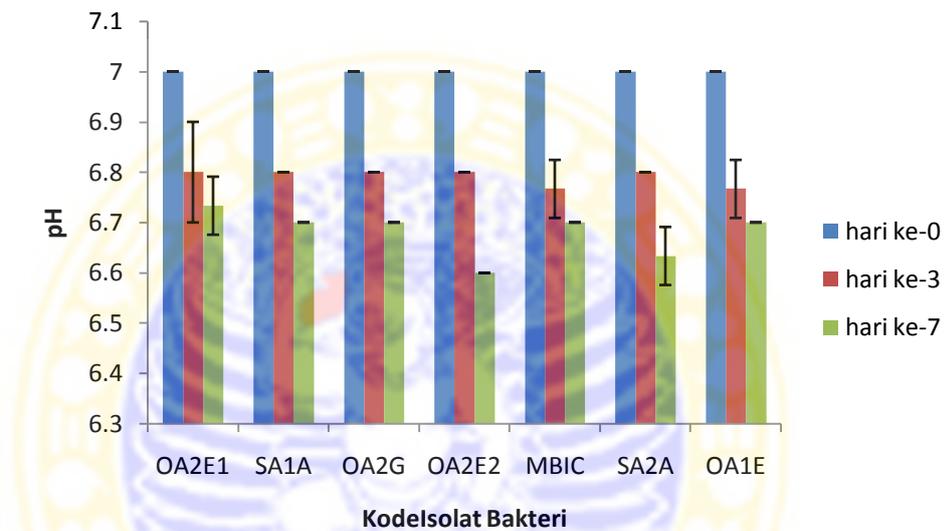


Gambar 4.6 Grafik pertumbuhan tujuh isolat bakteri pendegradasi hidrokarbon monoaromatik fenol selama masa inkubasi 0, 3, dan 7 hari

Berdasarkan grafik pertumbuhan Gambar 4.6, isolat OA2G mengalami fase eksponensial pada hari ke-3 dan ke-7, sedangkan OA2E1

mengalami fase adaptasi pada hari ke-3 dan baru mengalami fase eksponensial pada hari ke-7.

Sedangkan untuk perhitungan pH media kultur dari semua isolat bakteri selama masa inkubasi 0, 3, dan 7 hari disajikan pada Gambar 4.7 dan Tabel 4.8 secara berurutan.



Gambar 4.7 Rerata derajat keasaman (pH) media kultur ketujuh isolat bakteri pendegradasi senyawa hidrokarbon monoaromatik fenol selama masa inkubasi 0, 3, dan 7 hari

Tabel 4.8 Perhitungan derajat keasaman (pH) media kultur ketujuh isolat bakteri pendegradasi senyawa hidrokarbon monoaromatik fenol selama masa inkubasi 0, 3, dan 7 hari

Kode Isolat Bakteri	pH		
	Hari ke-0	Hari ke-3	Hari ke-7
OA2E1	$7 \pm 0,00$	$6,8 \pm 0,1$	$6,73 \pm 0,06^a$
SA1A	$7 \pm 0,00$	$6,8 \pm 0,00$	$6,7 \pm 0,00^a$
OA2G	$7 \pm 0,00$	$6,8 \pm 0,00$	$6,7 \pm 0,00^a$
OA2E2	$7 \pm 0,00$	$6,8 \pm 0,00$	$6,6 \pm 0,00^a$
MBIC	$7 \pm 0,00$	$6,77 \pm 0,06$	$6,7 \pm 0,00^a$
SA2A	$7 \pm 0,00$	$6,8 \pm 0,00$	$6,63 \pm 0,06^a$
OA1E	$7 \pm 0,00$	$6,77 \pm 0,06$	$6,7 \pm 0,00^a$

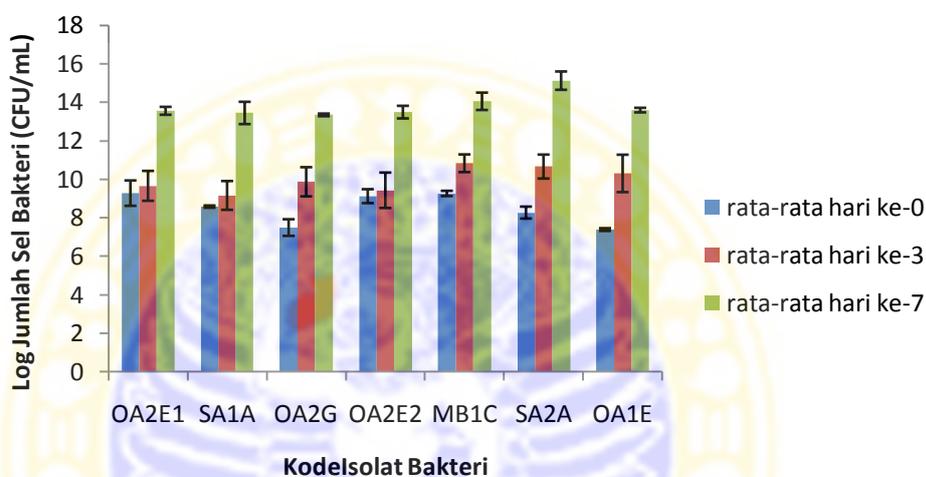
Gambar 4.7 memperlihatkan bahwa pH setiap media kultur isolat bakteri berada pada kondisi netral. Akan tetapi, selama tujuh hari masa inkubasi terus mengalami penurunan pH, tetapi masih berada pada kisaran pH netral. Sehingga setiap isolat bakteri tetap dapat tumbuh dengan baik yang ditandai tidak adanya isolat bakteri yang mengalami fase kematian selama tujuh hari masa inkubasi.

Untuk membuktikan normalitas dan homogenitas data dilakukan uji *Kolmogorov Smirnov-Test* dan *Test of Homogeneity* yang diketahui bahwa data nilai pH terdistribusi normal dan homogen. Kemudian untuk mengetahui signifikansi perbedaan nilai pH antar isolat bakteri dilakukan uji statistik menggunakan *one way ANOVA* dengan uji *Duncan* didapatkan hasil bahwa nilai pH antar jenis isolat bakteri tidak memiliki perbedaan yang signifikan.

Pada media kultur dengan penambahan senyawa hidrokarbon monoaromatik fenol, isolat bakteri yang memiliki kemampuan tumbuh terbaik selama tujuh hari masa inkubasi adalah OA2G ($11,53 \pm 0,21$ CFU/mL). Isolat bakteri ini tidak mengalami penurunan jumlah total sel dan dapat tumbuh dengan baik pada kisaran pH netral. Ditandai dengan adanya pertumbuhan yang baik pada isolat bakteri OA2G, maka dapat diperkirakan bahwa isolat ini mampu menggunakan sumber karbon pada fenol secara optimal untuk metabolisme selnya.

4.2.3. Perhitungan TPC (*Total Plate Count*) dan pengukuran pH pada media kultur yang mengandung senyawa poliaromatik

Perhitungan TPC (*Total Plate Count*) pada media kultur yang mengandung senyawa poliaromatik fenantren dilakukan pada hari ke-0, ke-3, dan ke-7 dapat dilihat pada Gambar 4.8 dan Tabel 4.9.



Gambar 4.8 Rerata 10^{\log} jumlah sel bakteri pendegradasi hidrokarbon poliaromatik fenantren dengan masa inkubasi 0, 3, dan 7 hari

Tabel 4.9 Hasil perhitungan 10^{\log} jumlah sel bakteri pendegradasi hidrokarbon poliaromatik fenantren dengan masa inkubasi 0, 3, dan 7 hari

Kode Isolat Bakteri	10^{\log} Log Jumlah Sel Bakteri (CFU/mL)		
	Hari ke-0	Hari ke-3	Hari ke-7
OA2E1	9,28 ± 0,66	9,66 ± 0,78	13,56 ± 0,21 ^a
SA1A	8,58 ± 0,06	9,16 ± 0,75	13,45 ± 0,58 ^a
OA2G	7,5 ± 0,43	9,87 ± 0,76	13,35 ± 0,07 ^a
OA2E2	9,12 ± 0,36	9,43 ± 0,92	13,49 ± 0,33 ^a
MB1C	9,26 ± 0,14	10,83 ± 0,46	14,05 ± 0,45 ^a
SA2A	8,27 ± 0,31	10,66 ± 0,62	15,13 ± 0,48 ^a
OA1E	7,39 ± 0,07	10,30 ± 0,97	13,59 ± 0,12 ^a

Pada Gambar 4.8, isolat bakteri SA2A memiliki rerata log jumlah sel bakteri tertinggi selama tujuh hari masa inkubasi yaitu $15,13 \pm 0,48$ CFU/mL. Sedangkan isolat bakteri yang memiliki rerata log jumlah sel bakteri terendah yaitu OA2G ($13,35 \pm 0,07$ CFU/mL).

Dari hasil perhitungan TPC (*Total Plate Count*), terlihat bahwa perbedaan jenis isolat bakteri berpengaruh pada hasil TPC-nya. Untuk membuktikannya, dilakukan uji normalitas dan homogenitas data dengan *Kolmogorov Smirnov-Test* dan *Test of Homogeneity*. Hasil uji tersebut menunjukkan bahwa data TPC ini normal homogen. Kemudian dilakukan uji lanjutan data ini menggunakan *one way ANOVA* dengan uji *Duncan* dan didapatkan hasil bahwa hasil TPC dari tiap jenis isolat bakteri tidak memiliki perbedaan yang signifikan.

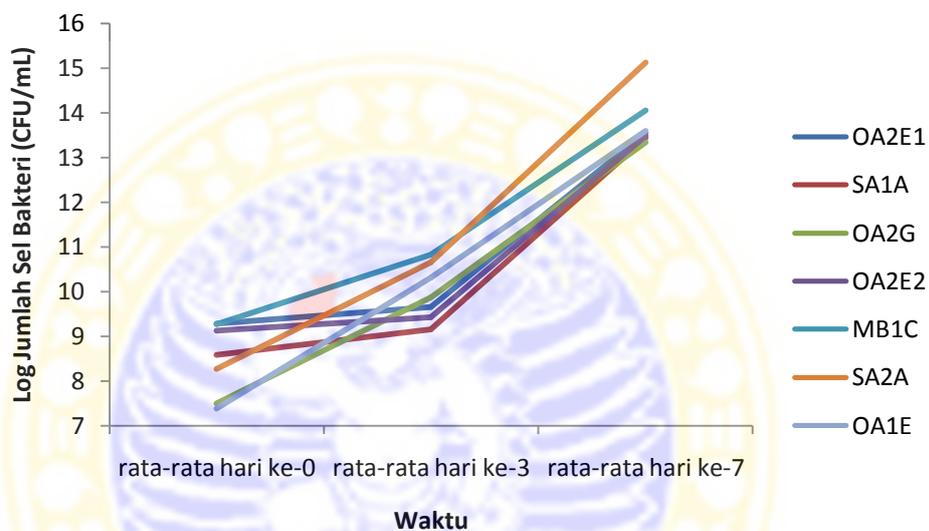
Tabel 4.10 Persentase kenaikan atau penurunan jumlah total sel (%) setiap isolat bakteri pada media kultur fenantren

Kode Isolat Bakteri	Persentase Kenaikan atau Penurunan Jumlah Total Sel (%)			Keterangan
	Hari ke-3 terhadap hari ke-0	Hari ke 7 terhadap hari ke-3	Hari ke-7 terhadap hari ke-0	
OA2E1	2,1	16,7	18,74	(-) = Penurunan
SA1A	3,37	18,9	22,1	
OA2G	13,8	15,02	28,06	
OA2E2	1,6	17,9	19,33	
MB1C	7,5	13,1	20,06	
SA2A	12,6	17,1	29,32	
OA1E	16,4	13,8	29,6	

Berdasarkan Tabel 4.10, terlihat tidak adanya penurunan jumlah sel pada semua isolat bakteri selama tujuh hari masa inkubasi. Isolat bakteri yang memiliki persentase kenaikan yang cukup stabil selama tujuh hari adalah

SA2A. Sedangkan isolat bakteri yang memiliki persentase kenaikan terendah adalah MB1C. Akan tetapi, log jumlah sel MB1C tetap lebih tinggi dari OA2G.

Grafik pertumbuhan tujuh isolat bakteri dapat dilihat pada Gambar 4.9 berikut ini.

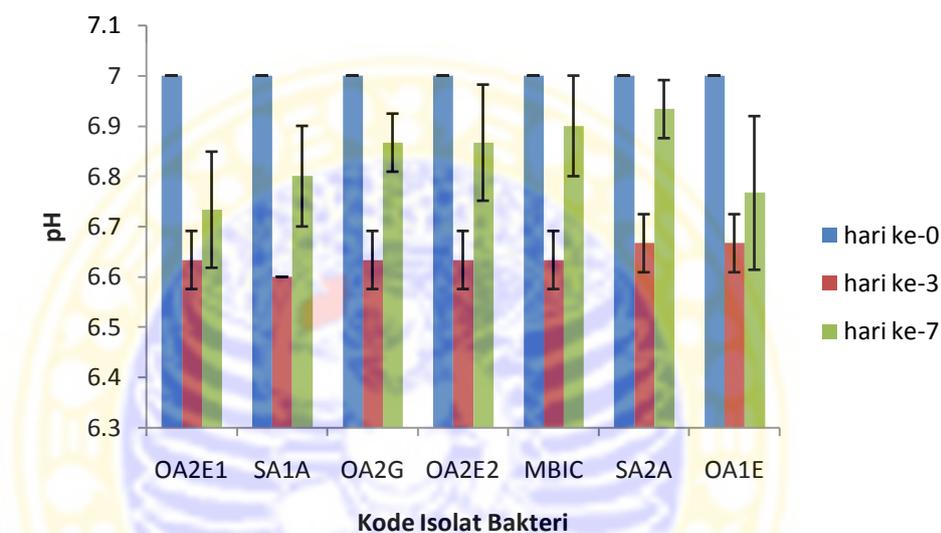


Gambar 4.9 Grafik pertumbuhan tujuh isolat bakteri pendegradasi hidrokarbon poliaromatik fenantren selama masa inkubasi 0, 3, dan 7 hari

Berdasarkan grafik pertumbuhan (Gambar 4.9), maka dapat dilihat bahwa isolat bakteri SA2A yang memiliki jumlah total sel tertinggi, telah mengalami fase eksponensial sejak hari ke-3 hingga hari ke-7. Selama tujuh hari masa inkubasi, belum terlihat adanya penurunan jumlah total sel, sehingga dapat dikatakan bahwa SA2A selama masa inkubasi 7 hari belum mengalami fase stasioner dan fase kematian. Dan isolat bakteri OA2G meskipun memiliki jumlah total sel terendah jika dibandingkan yang lain,

juga belum mengalami fase stasioner atau kematian selama masa inkubasi tujuh hari.

Sedangkan untuk perhitungan pH media kultur dari semua isolat bakteri selama masa inkubasi 0, 3, dan 7 hari dapat dilihat pada Gambar 4.10 dan Tabel 4.11.



Gambar 4.10 Rerata derajat keasaman (pH) media kultur ketujuh isolat bakteri pendegradasi senyawa hidrokarbon poliaromatik fenantren selama masa inkubasi 0, 3, dan 7 hari

Tabel 4.11 Perhitungan derajat keasaman (pH) media kultur ketujuh isolat bakteri pendegradasi senyawa hidrokarbon poliaromatik fenantren selama masa inkubasi 0, 3, dan 7 hari

Kode Isolat Bakteri	pH		
	Hari ke-0	Hari ke-3	Hari ke-7
OA2E1	7 ± 0,00	6,63 ± 0,06	6,73 ± 0,12 ^a
SA1A	7 ± 0,00	6,6 ± 0,00	6,8 ± 0,1 ^a
OA2G	7 ± 0,00	6,63 ± 0,06	6,87 ± 0,06 ^a
OA2E2	7 ± 0,00	6,63 ± 0,06	6,87 ± 0,12 ^a
MBIC	7 ± 0,00	6,63 ± 0,06	6,9 ± 0,1 ^a
SA2A	7 ± 0,00	6,67 ± 0,06	6,93 ± 0,06 ^a
OA1E	7 ± 0,00	6,67 ± 0,06	6,77 ± 0,15 ^a

Gambar 4.10 menunjukkan pH pada media kultur ketujuh isolat bakteri. pH media di awal masa inkubasi, dikondisikan pada pH netral. Dan pada hari ke-3 inkubasi, semua isolat mengalami penurunan pH tetapi masih dalam kisaran pH netral. Sedangkan pada hari ke-7 inkubasi, semua isolat mengalami sedikit kenaikan jika dibandingkan dengan hari ke-3, sehingga tetap berada pada kisaran pH netral.

Pada Tabel 4.11 diketahui bahwa tiap isolat bakteri memiliki perbedaan nilai pH. Kemudian dilakukan uji *Kolmogorov Smirnov-Test* dan *Test of Homogeneity* diketahui bahwa data nilai pH terdistribusi normal dan homogen. Dilanjutkan uji statistik *one way ANOVA* dengan uji *Duncan* diketahui bahwa perbedaan nilai pH antar jenis isolat bakteri tidak signifikan.

Pada media kultur dengan penambahan senyawa poliaromatik fenantren ini, isolat bakteri yang memiliki pertumbuhan sel terbaik adalah SA2A. Isolat ini dapat tumbuh dengan baik pada pH media kisaran netral. Pertumbuhan yang cukup signifikan pada isolat bakteri SA2A menandakan bahwa bakteri ini mampu menggunakan senyawa fenantren sebagai sumber karbon untuk metabolisme selnya.

4.2.4. Hubungan pengukuran jumlah sel (TPC) dan pH pada media kultur dengan penambahan senyawa alifatik, monoaromatik, dan poliaromatik

Pada penelitian ini, isolat bakteri yang diujikan dengan tiga senyawa hidrokarbon berasal dari isolasi bakteri lumpur Kenjeran Surabaya oleh

Perdana dkk pada tahun 2011. Dari ketiga senyawa hidrokarbon yang diujikan, terdapat masing-masing isolat bakteri yang memiliki kemampuan tumbuh yang baik ditandai dengan tingginya jumlah total sel selama tujuh hari masa inkubasi. Pada media kultur dengan senyawa n-heksadekana (alifatik), isolat bakteri dengan pertumbuhan terbaik adalah SA2A. Pada media kultur dengan senyawa fenol (monoaromatik), isolat bakteri terbaik adalah OA2G. Sedangkan pada media kultur dengan senyawa fenantren (poliaromatik), isolat bakteri terbaik adalah SA2A.

Isolat bakteri SA2A, mampu tumbuh dengan baik pada dua media kultur yang berbeda yaitu n-heksadekana dan fenantren. Bakteri ini tidak mengalami penurunan kemampuan tumbuh selama masa inkubasi 7 hari serta dapat tumbuh dengan baik pada kisaran pH netral. Dengan hasil pertumbuhan yang baik pada dua senyawa hidrokarbon, maka dapat diperkirakan bahwa bakteri ini mampu mendegradasi kedua senyawa tersebut. Akan tetapi, tidak hanya pada dua senyawa tersebut saja, isolat bakteri SA2A juga mampu mendegradasi senyawa fenol meskipun kemampuannya masih di bawah OA2G. Sedangkan isolat bakteri OA2G, memiliki kemampuan tumbuh terbaiknya pada media kultur dengan senyawa monoaromatik fenol. Seperti SA2A, isolat bakteri OA2G juga tumbuh dengan baik pada kisaran pH netral. Selain pada media kultur dengan senyawa fenol, isolat bakteri OA2G mampu tumbuh cukup baik pada media kultur dengan n-heksadekana. Kemampuan tumbuhnya di n-heksadekana berada tepat di bawah SA2A. Akan tetapi, isolat bakteri OA2G tidak dapat tumbuh dengan baik pada media kultur dengan

senyawa fenantren. Kemampuan tumbuh OA2G di media kultur dengan fenantren berada pada urutan terakhir dari tujuh isolat bakteri yang dikulturkan.

Kemampuan tumbuh pada isolat bakteri ditandai dengan penambahan jumlah sel selama masa inkubasi pada media kultur yang telah ditentukan. Pertambahan jumlah sel dapat diukur sebagai fungsi pemakaian hidrokarbon untuk pertumbuhan mikroorganisme (Sabarni, 1995 *dalam* Hafiluddin, 2011). Semakin tinggi jumlah sel suatu bakteri, maka semakin tinggi pemakaian hidrokarbon untuk pertumbuhannya. Semakin tinggi pemakaian hidrokarbon, maka semakin tinggi kemampuan degradasi yang dimiliki bakteri tersebut. Sedangkan kematian sel pada bakteri selain karena bakteri tersebut tidak mampu menggunakan sumber karbon dari hidrokarbon, dapat juga disebabkan karena sifat toksik pada hidrokarbon. Sehingga setiap isolat bakteri memiliki jumlah sel yang berbeda-beda sesuai kemampuan tumbuh setiap sel bakteri tersebut pada media kultur tertentu.

Dari kemampuan tumbuh isolat bakteri SA2A, maka dapat dikatakan bahwa isolat SA2A mampu mendegradasi dengan baik tiga senyawa hidrokarbon yaitu alifatik, monoaromatik, dan poliaromatik. Sedangkan isolat bakteri OA2G hanya mampu mendegradasi dengan baik pada dua senyawa hidrokarbon yaitu pada alifatik dan monoaromatik.

Sedangkan kondisi pH pada media kultur ikut mempengaruhi kemampuan tumbuh bakteri. Fluktuasi nilai pH merupakan indikator dalam menentukan suatu proses telah terjadi atau tidak. Perubahan pH yang terjadi

pada media kultur menunjukkan adanya aktifitas bakteri dalam merombak senyawa hidrokarbon (Nugroho, 2007). Biodegradasi hidrokarbon oleh bakteri akan menghasilkan produk berupa asam-asam organik yang menyebabkan berkurangnya pH. Besarnya penurunan pH berbeda-beda tergantung pada besarnya persentase biodegradasi dan bakteri pendegradasinya (Karwati, 2009). Sehingga dapat dikatakan bahwa setiap bakteri memiliki nilai pH media kultur yang berbeda-beda.

4.3. Pengukuran persentase biodegradasi senyawa hidrokarbon alifatik dan aromatik dengan metode kromatografi gas (GC)

Setelah diketahui kemampuan tumbuh tiap isolat bakteri yang diujikan pada masing-masing senyawa hidrokarbon, maka selanjutnya dilakukan pengukuran persentase biodegradasi setiap senyawa pada tiap isolat bakteri terpilih menggunakan metode GC dengan detektor FID (*Flame Ionization Detector*). Sampel yang diinjeksi ke dalam GC adalah sampel hari ke-0 serta hari ke-7 dari media kultur isolat bakteri terbaik pada masing-masing senyawa hidrokarbon. Sebelum menginjeksi larutan sampel, terlebih dahulu dibuat kurva standar masing-masing senyawa hidrokarbon dengan tiga titik konsentrasi yaitu 1000 ppm, 750 ppm, dan 500 ppm. Dari hasil pembuatan kurva standar didapatkan kalibrasi tiap senyawa hidrokarbon yang disajikan pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Data kalibrasi senyawa n-heksadekana, fenol, dan fenantren dengan 3 titik konsentrasi (ppm)

No	Senyawa Hidrokarbon		Konsentrasi (ppm)		
			500	750	1000
1	N- Heksadekana	Luas Area	2166	2570	11252
		Retensi Waktu	10,059	9,746	10,077
2	Fenol	Luas Area	322	706	892
		Retensi Waktu	15,297	14,992	15,377
3	Fenantren	Luas Area	2066	2578	12225
		Retensi Waktu	12,845	12,515	12,89

Dari data kalibrasi di atas, maka diketahui faktor kalibrasi pada tiga senyawa hidrokarbon (Tabel 4.13). Faktor kalibrasi digunakan untuk menghitung konsentrasi (ppm) tiap senyawa berdasarkan masing-masing luas area yang terbentuk.

Tabel 4.13 Faktor kalibrasi senyawa n-heksadekana, fenol, dan fenantren

No	Senyawa	Faktor Kalibrasi
1	N-Heksadekana	$y = 0,043 x + 520,2$
2	Fenol	$y = 0,843 x + 210,3$
3	Fenantren	$y = 0,038 x + 532$

Setelah didapatkan kurva standar masing-masing senyawa, maka dilakukan proses injeksi tiap sampel yang diujikan. Pada awal perlakuan, setiap media kultur telah ditambahkan masing-masing senyawa hidrokarbon sebanyak 1000 ppm. Akan tetapi, setelah melalui proses ekstraksi dengan pelarut organik n-heksan, kadar n-heksadekana dan fenol

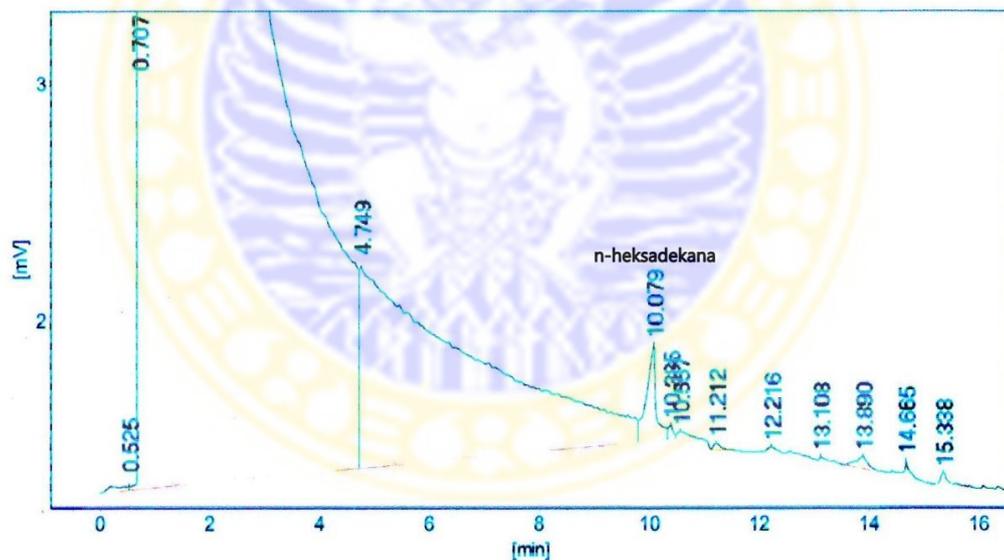
setelah melalui proses GC jika dibandingkan dengan kurva standar mengalami penurunan konsentrasi. Hal ini dapat dikarenakan pada proses ekstraksi, terjadi sedikit penguapan n-heksan ketika pemindahan larutan ke dalam botol sampel. Penguapan n-heksan tersebut membawa senyawa yang telah larut di dalamnya. Sehingga ketika dilakukan pengukuran konsentrasi dengan metode GC, konsentrasi senyawa n-heksadekana dan fenol pada hari ke-0 berbeda dengan kurva standarnya. Hal tersebut kemungkinan dapat terjadi juga pada sampel hari ke-7 ketika dilakukan ekstraksi, akan tetapi hal ini tidak banyak berpengaruh pada konsentrasi akhir. Sedangkan pada media kultur dengan penambahan fenantren, tidak terdapat perbedaan konsentrasi pada hari ke-0 dengan kurva standar. Hal ini dikarenakan senyawa fenantren adalah senyawa hidrokarbon poliaromatik (PAH) yang memiliki gugus aromatik lebih dari satu dan membuat senyawa ini susah untuk menguap. Pada saat proses pelarutan dengan n-heksan, senyawa fenantren juga merupakan senyawa yang paling susah larut karena bentuknya yang mengkristal.

Pada sampel hari ke-0, setelah muncul *peak* dari senyawa hidrokarbon yang diujikan (n-heksadekana, fenol, dan fenantren), muncul juga beberapa *peak* kecil dengan retensi waktu yang berbeda. Beberapa *peak* kecil tersebut adalah senyawa-senyawa lain yang ada pada sampel. Pada sampel hari ke-7, kemunculan *peak* kecil setelah *peak* senyawa hidrokarbon yang diujikan (n-heksadekana, fenol, dan fenantren) dapat merupakan senyawa-senyawa yang terbentuk selama proses degradasi.

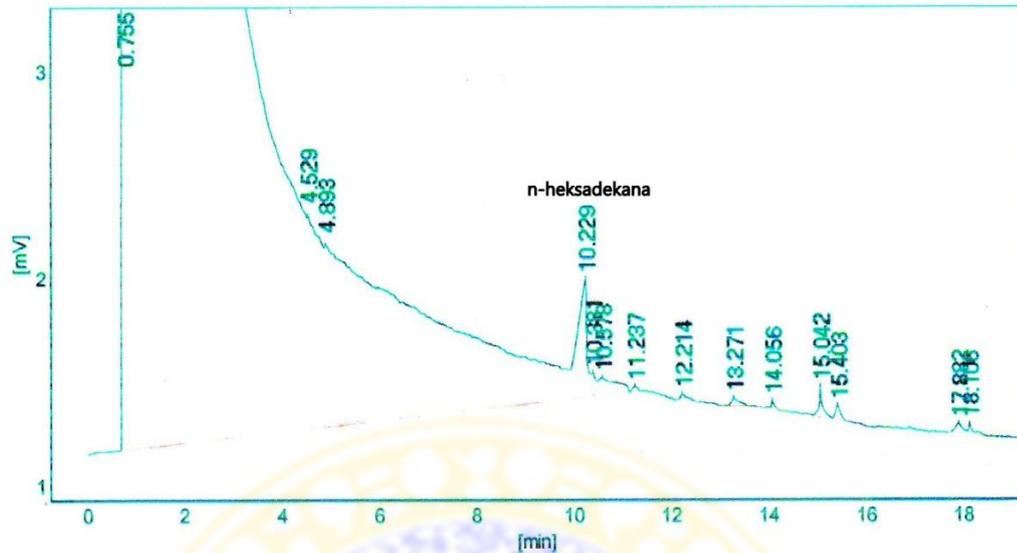
Untuk mengetahui jenis-jenis senyawa tersebut, perlu dilakukan analisis lebih lanjut dengan menggunakan GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectrometry*).

4.3.1. Persentase biodegradasi senyawa hidrokarbon alifatik n-heksadekana selama 7 hari masa inkubasi

Perhitungan persentase biodegradasi senyawa hidrokarbon alifatik n-heksadekana selama 7 hari masa inkubasi oleh isolat bakteri SA2A dilakukan dengan menggunakan metode GC. Hasil proses GC tersebut disajikan pada Gambar 4.11 dan 4.12.



Gambar 4.11 Kromatogram n-heksadekana pada hari ke-0



Gambar 4.12 Kromatogram n-heksadekana pada hari ke-7

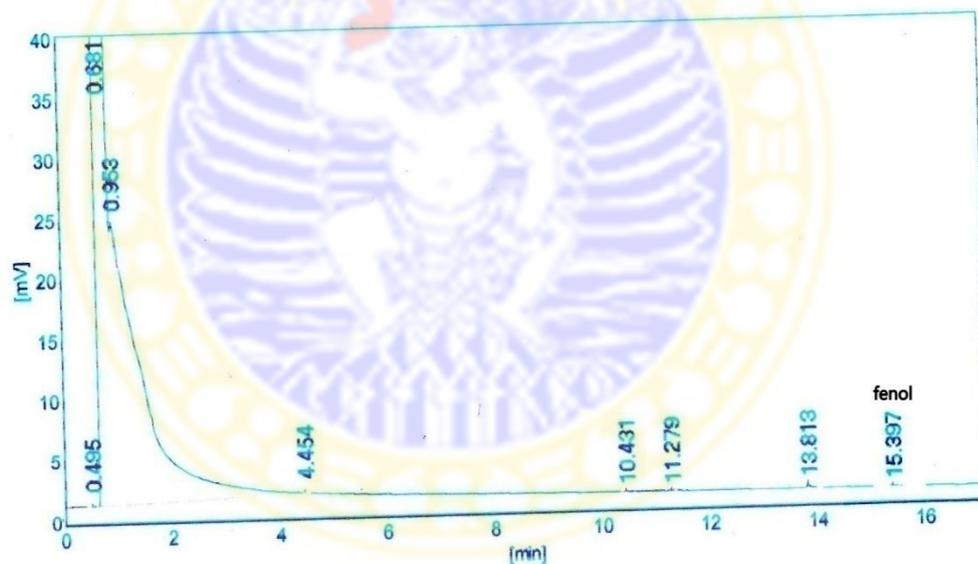
Pada hari ke-0, *peak* n-heksadekana muncul pada retensi waktu 10,079 menit dengan luas area 4924. Sedangkan pada hari ke-7 *peak* n-heksadekana muncul pada retensi waktu 10,229 dengan luas area 4659. Kemudian dihitung konsentrasinya dengan memasukkan luas area (x) ke dalam faktor kalibrasi n-heksadekana pada Tabel 4.13. Dari perhitungan tersebut diketahui konsentrasi n-heksadekana pada hari ke-0 adalah 731,932 ppm. Sedangkan konsentrasi n-heksadekana pada hari ke-7 adalah 720,537 ppm. Setelah mengetahui konsentrasi awal dan akhir n-heksadekana pada perlakuan, maka diketahui konsentrasi n-heksadekana yang berkurang selama 7 hari inkubasi yaitu sebesar 11,395 ppm atau 0,79 % dari konsentrasi n-heksadekana pada substrat awal.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa selama masa inkubasi 7 hari, isolat bakteri SA2A mampu melakukan proses degradasi dengan persentase penurunan senyawa n-heksadekana sebesar 0,79 %. Penurunan

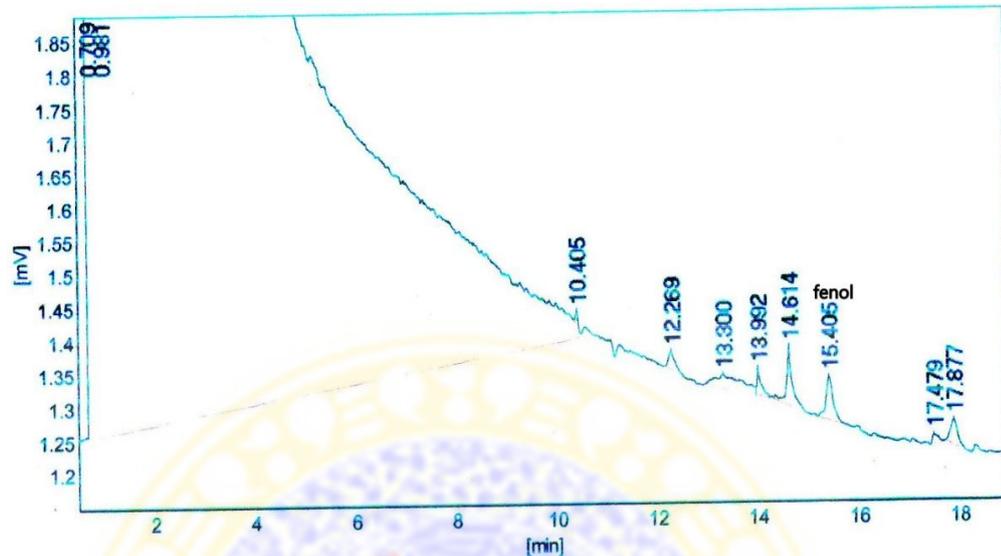
konsentrasi senyawa tersebut membuktikan bahwa isolat bakteri SA2A mampu menggunakan sumber karbon dari n-heksadekana sebanyak 0,79% untuk asupan nutrisi metabolisme selnya.

4.3.2. Persentasi biodegradasi senyawa hidrokarbon monoaromatik fenol selama 7 hari masa inkubasi

Perhitungan persentase biodegradasi senyawa hidrokarbon monoaromatik fenol selama 7 hari masa inkubasi oleh isolat bakteri OA2G dilakukan dengan menggunakan metode GC. Hasil proses GC tersebut disajikan pada Gambar 4.13 dan 4.14.



Gambar 4.13 Kromatogram fenol pada hari ke-0



Gambar 4.14 Kromatogram fenol pada hari ke-7

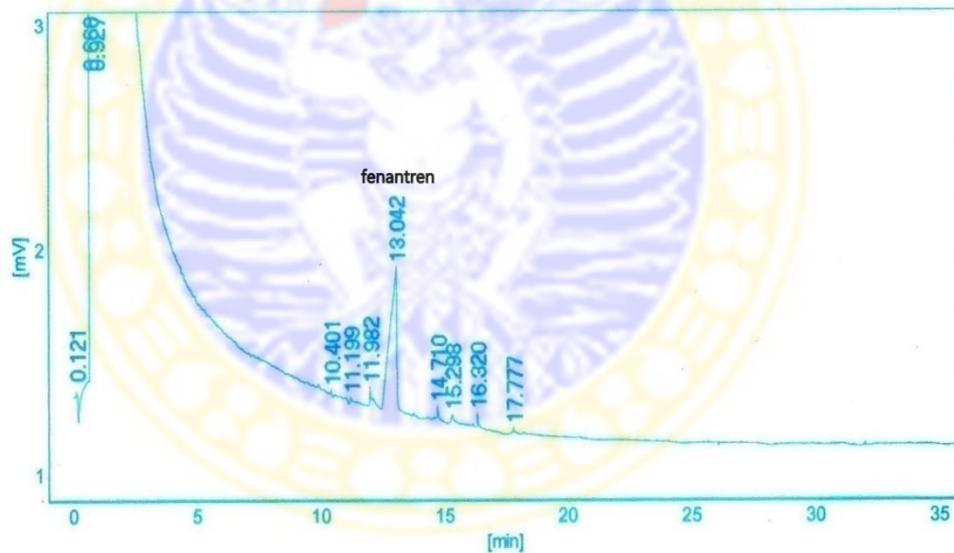
Pada hari ke-0, *peak* fenol muncul pada retensi waktu 15,397 menit dengan luas area 630. Sedangkan pada hari ke-7 *peak* fenol muncul pada retensi waktu 15,405 dengan luas area 560. Kemudian menghitung konsentrasi (ppm) dengan memasukkan luas area (x) ke dalam faktor kalibrasi fenol pada Tabel 4.13. Dari perhitungan tersebut diketahui konsentrasi fenol pada hari ke-0 adalah 741,39 ppm. Sedangkan konsentrasi fenol pada hari ke-7 adalah 682,38 ppm. Setelah mengetahui konsentrasi awal dan akhir fenol pada perlakuan, maka diketahui konsentrasi fenol yang berkurang selama 7 hari inkubasi yaitu sebesar 59,01 ppm atau 4,15 % dari konsentrasi fenol pada substrat awal.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa selama masa inkubasi 7 hari, isolat bakteri OA2G mampu melakukan proses degradasi dengan persentase penurunan senyawa fenol sebesar 4,15 %. Penurunan

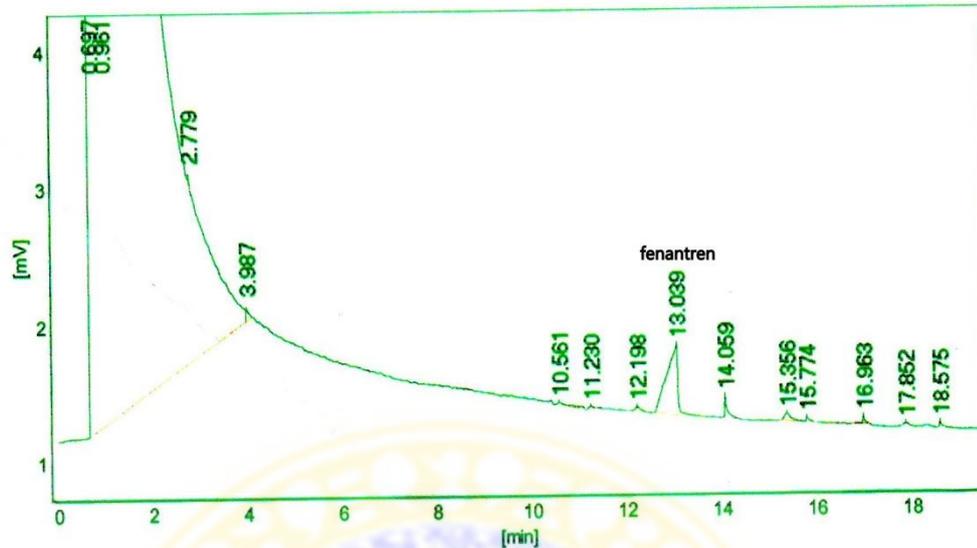
konsentrasi senyawa fenol sebesar 4,15 % membuktikan bahwa isolat bakteri OA2G mampu menggunakan sumber karbon pada fenol untuk metabolisme selnya.

4.3.3. Persentasi biodegradasi senyawa hidrokarbon poliaromatik fenantren selama 7 hari masa inkubasi

Perhitungan persentase biodegradasi senyawa hidrokarbon poliaromatik fenantren selama 7 hari masa inkubasi oleh isolat bakteri SA2A dilakukan dengan menggunakan metode GC. Hasil proses GC tersebut disajikan pada Gambar 4.15 dan 4.16.



Gambar 4.15 Kromatogram fenantren pada hari ke-0



Gambar 4.16 Kromatogram fenantren pada hari ke-7

Pada hari ke-0, *peak* fenantren muncul pada retensi waktu 13,042 menit dengan luas area 12224. Sedangkan pada hari ke-7 *peak* fenantren muncul pada retensi waktu 13,039 dengan luas area 8152. Kemudian dihitung konsentrasinya dengan memasukkan luas area (x) ke dalam faktor kalibrasi fenantren pada Tabel 4.13. Dari perhitungan tersebut diketahui konsentrasi fenantren pada hari ke-0 adalah 996,512 ppm, sedangkan pada hari ke-7 adalah 841,776 ppm. Setelah mengetahui konsentrasi awal dan akhir fenantren pada perlakuan, maka diketahui konsentrasi fenantren yang berkurang selama 7 hari inkubasi yaitu sebesar 154,736 ppm atau 8,42 % dari konsentrasi n-heksadekana pada substrat awal.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa selama masa inkubasi 7 hari, isolat bakteri SA2A mampu melakukan proses degradasi dengan persentase penurunan senyawa fenantren sebesar 8,42 %. Hal ini

menunjukkan bahwa isolat bakteri SA2A mampu menggunakan sumber karbon pada fenantren untuk metabolisme selnya.

4.3.4. Kemampuan biodegradasi isolat bakteri terpilih pada senyawa hidrokarbon alifatik, monoaromatik, dan poliaromatik

Dari hasil uji GC tersebut diketahui bahwa kemampuan degradasi isolat bakteri SA2A terhadap senyawa alifatik n-heksadekana tidak sebesar kemampuan degradasi SA2A terhadap senyawa poliaromatik fenantren. Hal ini dapat dikarenakan isolat SA2A tidak dapat menggunakan sumber karbon secara optimal pada n-heksadekana, terbukti pada jumlah total sel SA2A pada n-heksadekana lebih kecil daripada jumlah total sel SA2A pada fenantren. Isolat SA2A tidak mampu melakukan pembelahan sel secara optimal pada media kultur dengan n-heksadekana, berbeda pada media kultur dengan penambahan fenantren. Kemampuan degradasi SA2A pada kedua jenis senyawa ini dipengaruhi juga oleh produksi enzim yang digunakan untuk memecah ikatan karbon dan cincin aromatik pada fenantren. Untuk mengetahui enzim-enzim yang diproduksi oleh isolat bakteri SA2A dalam mendegradasi senyawa hidrokarbon tersebut, perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai enzimatisnya.

Kemampuan degradasi isolat bakteri OA2G terhadap senyawa fenol, melalui proses GC diketahui bahwa OA2G mampu mendegradasi fenol cukup baik. Menurut Suryanto, 2003 proses degradasi senyawa fenol dapat dilakukan lebih mudah dibandingkan dengan senyawa hasil sintetik derivat atau homolog aromatis. Hal ini disebabkan karena senyawa fenol telah

lebih lama dikenali bakteri pendegradasi sehingga bakteri mampu mendegradasi fenol cukup baik.

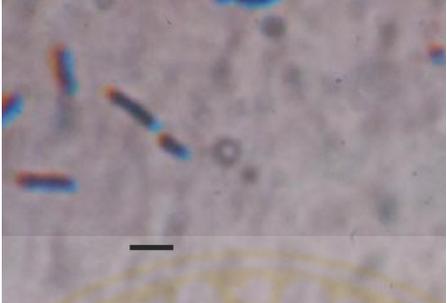
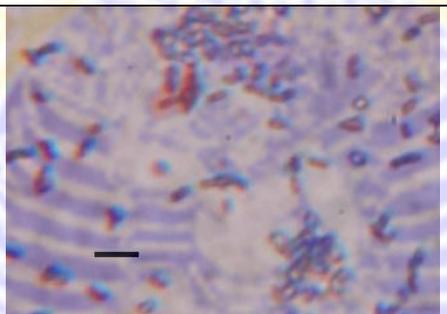
4.4. Identifikasi bakteri

4.4.1. Identifikasi bakteri terbaik pendegradasi senyawa hidrokarbon alifatik, monoaromatik, dan poliaromatik

Pada penelitian ini, dari tujuh isolat bakteri yang diujikan, dilakukan identifikasi untuk isolat bakteri yang memiliki kemampuan tumbuh (jumlah total sel) terbaik pada masing-masing media kultur dengan penambahan senyawa hidrokarbon alifatik, monoaromatik, dan poliaromatik.

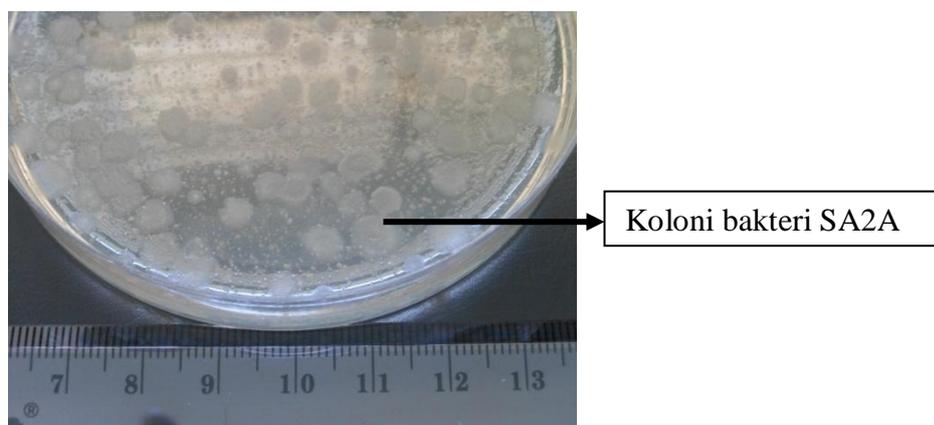
Dari hasil TPC, didapatkan dua jenis isolat yang memiliki kemampuan tumbuh terbaik pada tiap senyawa hidrokarbon. Untuk media kultur dengan senyawa hidrokarbon n-heksadekana dan fenantren, isolat bakteri SA2A memiliki kemampuan tumbuh terbaik. Sedangkan untuk media kultur dengan senyawa hidrokarbon fenol, isolat bakteri OA2G memiliki kemampuan tumbuh terbaik. Selanjutnya dilakukan uji fisiologis dengan menggunakan *microbact identification kit*. Selain itu dilakukan juga pengamatan mikroskopis dengan pewarnaan Gram untuk mengetahui jenis Gram dan bentuk sel bakteri, serta melakukan pengamatan makroskopis koloni bakteri.

Tabel 4.14 Hasil pewarnaan Gram pada dua isolat terpilih

Kode Isolat Bakteri	Foto (perbesaran 10x100)	Keterangan
SA2A		Gram + Batang panjang berantai, memiliki endospora Keterangan: — = 5 μ m
OA2G		Gram + Batang pendek, memiliki endospora Keterangan: — = 5 μ m

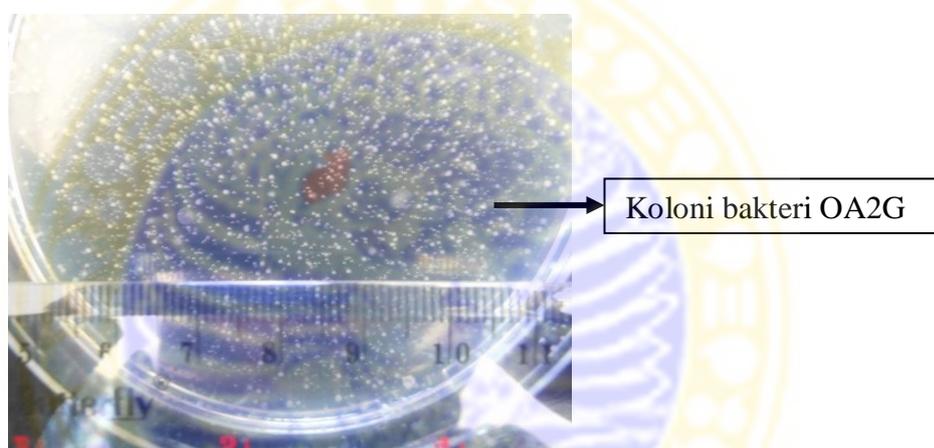
Tabel 4.15 Hasil pengamatan makroskopis koloni bakteri dua isolat terpilih

Kode Isolat Bakteri	Bentuk	Ukuran	Warna	Tepi	Elevasi
SA2A	bulat	besar	putih	tidak rata	rata
OA2G	bulat	kecil	putih	Rata	rata



Koloni bakteri SA2A

Gambar 4.18 Foto penampakan makroskopis koloni bakteri SA2A



Koloni bakteri OA2G

Gambar 4.19 Foto penampakan makroskopis koloni bakteri OA2G

Dari hasil pewarnaan Gram, diketahui bahwa isolat bakteri SA2A dan OA2G termasuk dalam bakteri Gram positif. Setelah itu dilakukan uji fisiologis menggunakan *kit*. Dikarenakan kedua isolat bakteri tersebut merupakan bakteri Gram positif, maka hasil uji *kit* tidak dapat dimasukkan ke dalam program *microbact identification kits* pada komputer. Kemudian dilakukan uji amilolitik, uji proteolitik, dan uji H₂O₂. Kedua isolat bakteri menunjukkan hasil positif pada uji-uji tersebut. Setelah itu, memasukkan hasil uji fisiologis ke dalam Tabel persamaan karakteristik untuk menentukan spesies isolat (Lampiran 4). Penentuan

persentase persamaan dilakukan menggunakan SPSS dengan uji *Hierarchical Cluster*. Dari hasil tersebut diketahui bahwa isolat SA2A memiliki kemiripan karakteristik sebesar 71 % dengan *Bacillus cereus*. Sedangkan isolat bakteri OA2G memiliki kemiripan karakteristik sebesar 65 % dengan *Bacillus stearothersophilus*. Karena persentase kemiripan tidak mencapai > 90 %, maka isolat SA2A tidak dapat dikatakan sebagai spesies *Bacillus cereus*, sehingga diberi nama *Bacillus sp.SA2A*. Isolat OA2G juga tidak dapat dikatakan sebagai spesies *Bacillus stearothersophilus*, sehingga diberi nama *Bacillus sp.OA2G*.

