

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Kultur *Bacillus firmus*

4.1.1 Pembuatan Biakan *Bacillus firmus*

Isolat bakteri *B. firmus* yang digunakan berasal dari Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya. Bakteri murni dikultur dengan menggunakan media padat *Nutrient Agar* (NA) yang telah disterilisasi (Gambar 7). Bakteri murni diambil sebanyak 1 ose untuk kemudian dikultur dengan menggunakan media padat NA dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam.



Gambar 9. Kultur Bakteri *B. firmus*

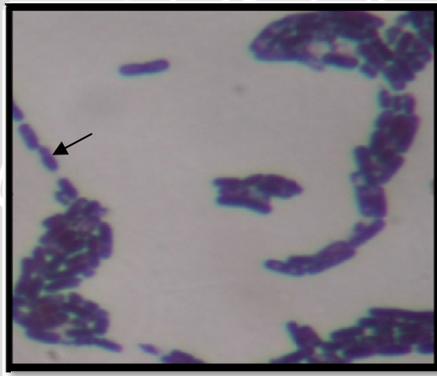
Menurut Codemo (2011), NA digunakan untuk pertumbuhan mayoritas dari mikroorganisme yang tidak selektif. NA juga merupakan salah satu media yang umum digunakan dalam prosedur bakteriologi seperti uji bakteri dari air, produk pangan, untuk membawa stok kultur, untuk pertumbuhan sampel pada uji bakteri, dan untuk mengisolasi organisme dalam kultur murni.

B. firmus memiliki permukaan koloni dimana pada bagian tepinya tidak rata. Warna dari koloni *B. firmus* adalah putih susu atau krem. Menurut Feliatra, et al. (2004), *Bacillus* mempunyai ciri-ciri morfologi diantaranya warna koloni putih susu atau agak krem, bentuk koloni bulat dengan tepian keriput. Menurut Safitri (2010), *B. firmus* termasuk bakteri gram positif, memiliki ukuran panjang 3-

4 μm dan lebar 1,0 μm . Bentuk koloni bulat dengan tepian keriput, membentuk spora dan bersifat motil. Menurut Shanaz (2008), spora *B. firmus* berbentuk oval dengan permukaan licin. Media tumbuh *B. firmus* adalah *nutrient agar* (NA) dan *nutrient broth* (NB).

4.1.2 Pewarnaan Gram

B. firmus selanjutnya dilakukan pewarnaan Gram dan diamati morfologi bakteri tersebut. Berdasarkan pengamatan menggunakan mikroskop dengan pembesaran 1000x, dapat terlihat bahwa bakteri *B. firmus* memiliki bentuk seperti batang dan merupakan bakteri Gram positif karena pada pewarnaan Gram berwarna keungu-unguan (Gambar 8).



Gambar 10. Pewarnaan Gram Bakteri *B. firmus*

Pewarnaan bakteri dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti fiksasi, peluntur warna, substrat, intensifikasi pewarnaan dan penggunaan zat warna penutup. Pewarnaan pada bakteri gram positif menunjukkan warna biru ungu dan bakteri gram negatif berwarna merah. Bakteri gram negatif adalah bakteri yang tidak mempertahankan zat warna metil ungu pada metode pewarnaan gram. Bakteri gram positif akan mempertahankan zat warna metil ungu gelap setelah dicuci dengan alkohol, sementara bakteri gram negatif tidak. Pada uji pewarnaan Gram, suatu pewarna penimbal (*counterstain*) ditambahkan setelah metil ungu, yang membuat semua bakteri Gram-negatif menjadi berwarna merah atau merah

muda. Pengujian ini berguna untuk mengklasifikasikan kedua tipe bakteri ini berdasarkan perbedaan struktur dinding sel mereka (Rudi, 2010).

B. firmus merupakan bakteri gram positif, bakteri non patogenik, terdapat di alam bebas dan aman diaplikasikan. *B. firmus* dapat tumbuh pada suhu maksimum 40-45⁰C dan pada suhu minimum 5-10⁰C. Media tumbuh *B. firmus* adalah *Nutrient Agar* (NA) dan *Nutrient Broth* (NB) (Shanaz, 2008).

Menurut Pelczar dan Chan (2005), kandungan lipid bakteri gram positif lebih rendah daripada gram negatif sehingga dinding selnya menjadi terdehidrasi selama perlakuan alkohol. Ukuran pori-pori mengecil, permeabilitasnya berkurang dan pewarna ungu kristal tidak dapat terekstraksi. Setelah perlakuan alkohol, kompleks ungu kristal terperangkap di dalam dinding, yang tampaknya mengurangi diameter pori-pori pada peptidoglikan dinding sel. Bakteri gram positif tidak mudah dipucatkan oleh alkohol. Semua ini merupakan bukti bahwa dinding sel pada bakteri gram positif merupakan situs tempat zat warna kristal ungu tertahan. Langkah selanjutnya adalah perbanyakkan *B. firmus* dengan menggunakan media *Nutrient Broth* (NB). Hasil kultur bakteri ini kemudian digunakan untuk penelitian.

4.1.3 Uji Biokimia Bakteri *Bacillus* spp

Uji biokimia bakteri *Bacillus* spp dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya Malang. Uji biokimia bakteri meliputi uji sulfide indol motility, uji penggunaan citrate, uji ferment gula-gula (glukosa negatif, xylosa positif, mannitol positif, laktosa negatif, sukrosa negatif, maltosa negatif, arabinosa positif), dapat tumbuh pada suhu 20⁰-45⁰C, uji katalase positif, uji oksidase positif. Dari hasil uji biokimia yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa bakteri tersebut merupakan bakteri *Bacillus firmus*. Adapun hasil uji biokimia *Bacillus firmus* dapat dilihat pada Lampiran 8.

4.2 Hasil Potensi Bakteri dalam Mendegradasi Bahan Organik

sedimen tambak udang yang dihasilkan umumnya mengandung konsentrasi bahan organik yang sangat tinggi, agar sedimen tambak dapat disederhanakan sehingga dapat menurunkan konsentrasi bahan organik. Salah satunya dengan cara pemberian bakteri *B. firmus* dengan kepadatan yang berbeda untuk mendegradasi bahan organik pada sedimen tambak udang. Parameter utama pada penelitian ini, diantaranya pengukuran ammonia, nitrit, nitrat, total bahan organik, oksigen terlarut, dan *Biological Oxygen Demand* (BOD). Sedangkan parameter penunjang, diantaranya suhu, derajat keasaman (pH) dan salinitas.

4.2.1 Ammonia (ppm)

Hasil pengukuran ammonia sebelum dan sesudah pemberian bakteri *B. firmus* pada masing-masing perlakuan, diketahui bahwa *B. firmus* memiliki potensi dalam mendegradasi ammonia dari sedimen tambak udang. Perhitungan data pengukuran potensi degradasi bakteri *B. firmus* terhadap ammonia dapat dilihat pada Lampiran 9. Besarnya potensi *B. firmus* dalam mendegradasi ammonia dapat dilihat pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Hasil Pengukuran Laju Penurunan (ppm/jam) Degradasi Bakteri *B. firmus* Terhadap Ammonia dari Sedimen Tambak Udang

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	Standar Deviasi
	1	2	3			
A = 10^4 sel/ml	0,0034	0,0042	0,0058	0,0134	0,0045	0,0013
B = 10^5 sel/ml	0,0049	0,0047	0,0064	0,0159	0,0053	0,0009
C = 10^6 sel/ml	0,0092	0,0112	0,0079	0,0283	0,0094	0,0016
D = 10^7 sel/ml	0,0165	0,0177	0,0159	0,0502	0,0167	0,0009
Total				0,1079		
K = Kontrol	0,0032	0,0048	0,0047	0,0127	0,0042	0,0009

Berdasarkan sidik ragam potensi degradasi bakteri *B. firmus* terhadap ammonia dari sedimen tambak udang menunjukkan adanya pengaruh berbeda

sangat nyata (*highly significant*) antar perlakuan, seperti terlihat pada Tabel 8 berikut.

Tabel 8. Sidik Ragam Potensi Degradasi bakteri *B. firmus* Terhadap Ammonia dari Sedimen Tambak Udang

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	0,0002812	0,0000938	63,809**	3,48	5,9
Acak	8	0,0000118	0,00000147	-	-	-
Total	11	0,0002930	-	-	-	-

Keterangan : ** = Berbeda Sangat Nyata

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa pemberian *B. firmus* memberikan pengaruh berbeda sangat nyata (*highly significant*) terhadap nilai ammonia dari sedimen tambak udang. Hal ini ditunjukkan dengan F hitung yang lebih besar dari F 1% dan F 5% yang berarti kepadatan *B. firmus* sangat berpengaruh terhadap penurunan nilai ammonia dari sedimen tambak udang. Untuk mengetahui tingkat perbedaan dari masing-masing perlakuan maka dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 0,05 dan 0,01. BNT 5% yang didapat sebesar 0,00220, BNT 1% sebesar 0,00313 dengan SED sebesar 0,00099. Uji BNT dapat dilihat pada Tabel 9 berikut.

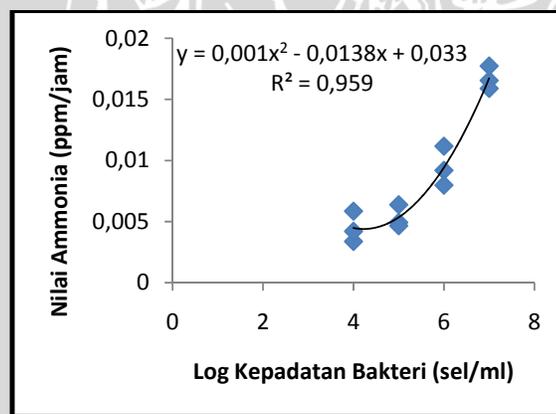
Tabel 9. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Potensi Degradasi bakteri *B. firmus* Terhadap Ammonia dari Sedimen Tambak Udang (ppm/jam)

Rata-rata Perlakuan	A = 0,0045	B = 0,0053	C = 0,0094	D = 0,0167	Notasi
A = 0,0045	-	-	-	-	a
B = 0,0053	0,00085 ^{ns}	-	-	-	a
C = 0,0094	0,00496**	0,00411**	-	-	b
D = 0,0167	0,01224**	0,01139**	0,00728**	-	c

Berdasarkan hasil uji BNT, potensi degradasi bakteri *B. firmus* terhadap ammonia pada perlakuan A (10^4 sel/ml) dan perlakuan B (10^5 sel/ml) memberikan hasil yang sama yaitu tidak berbeda nyata dengan notasi a. Pada perlakuan C (10^6 sel/ml) dan D (10^7 sel/ml) pemberian bakteri *B. firmus*

memberikan pengaruh nyata dalam mendegradasi ammonia dengan notasi b dan c

Untuk mengetahui hubungan antar perlakuan kepadatan bakteri *B. firmus* dengan nilai degradasi ammonia yang terkandung dalam sedimen tambak udang maka digunakan analisa regresi. Bentuk regresi yang digunakan adalah bentuk kuadratik dan didapatkan persamaan $y=0,001x^2-0,0138x+0,033$. Koefisien determinasi yang didapatkan yaitu (R^2) sebesar 0,959 artinya 95,9% penurunan nilai ammonia yang dalam sedimen tambak udang dipengaruhi oleh kepadatan bakteri *B. firmus* yang diberikan. Koefisien korelasi (r) didapatkan sebesar 0,979 (mendekati 1) yang artinya kepadatan bakteri *B. firmus* dan nilai ammonia yang dihasilkan memiliki korelasi yang sangat tinggi. Adapun grafik hubungan antara kepadatan *B. firmus* dengan penurunan ammonia dalam sedimen tambak udang disajikan pada Gambar 11 berikut.



Gambar 11. Hubungan Antara Kepadatan Bakteri *B. firmus* (x) dengan Penurunan Nilai Ammonia dalam Sedimen Tambak Udang (y)

Titik puncak grafik di atas terdapat pada [(X = 6,9);(Y = 0,0146)] yang menunjukkan bahwa penambahan *B. firmus* dengan kepadatan 6,9 memiliki kemampuan tertinggi dalam mendegradasi ammonia dari sedimen tambak udang, yaitu 0,0146 ppm/jam.

Hasil pengujian ammonia setelah dilakukan pemberian bakteri *B. firmus*, diinkubasi selama 48 jam pada kondisi anaerob. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan *B. firmus* dengan kepadatan berbeda selama penelitian memberikan pengaruh nyata, mampu menurunkan kandungan bahan organik yang terdapat pada sedimen tambak udang.

Potensi degradasi terbaik bakteri *B. firmus* terhadap ammonia terdapat pada perlakuan D (10^7 sel/ml) yaitu 0,0167 ppm/jam. Selanjutnya, perlakuan C (10^6 sel/ml) memiliki potensi mendegradasi ammonia sebesar 0,0094 ppm/jam. Perlakuan B (10^5 sel/ml) mampu mendegradasi ammonia dalam sedimen tambak sebesar 0,0053 ppm/jam, sedangkan perlakuan A (10^4 sel/ml) mendegradasi ammonia sebesar 0,0045 ppm/jam. Perlakuan K (10^0 sel/ml) memiliki potensi degradasi ammonia yang paling sedikit yaitu 0,0042 ppm/jam.

Rendahnya potensi dalam mendegradasi ammonia yang diperoleh pada perlakuan K (10^0 sel/ml atau tanpa pemberian bakteri) disebabkan karena kurangnya aktivitas bakteri yang merombak bahan organik terlarut dalam media sedimen tambak udang tersebut yang berasal dari sisa pakan dan feces udang sehingga terjadi penumpukan bahan organik yang meningkat. Menurut Khairul (2004), keberadaan ammonia disebabkan oleh adanya sisa pakan, bangkai hewan ataupun tumbuhan, kotoran udang, bahan organik yang membusuk.

Tingginya potensi bakteri *B. firmus* dalam mendegradasi ammonia pada perlakuan D (10^7 sel/ml), diduga semakin tinggi kepadatan bakteri maka semakin tinggi laju penurunan konsentrasi ammonia. Hal disebabkan adanya perombakan yang dilakukan oleh bakteri *B. firmus*.

Ammonia di perairan berasal dari hasil pemecahan nitrogen organik (protein dan urea) dan nitrogen anorganik yang terdapat dalam tanah dan air, dapat pula berasal dari dekomposisi bahan organik (tumbuhan dan biota akuatik yang telah mati) yang dilakukan oleh mikroba dan jamur (Prayogo, 2009).

Menurut Agus (2008), nitrogen organik diubah menjadi ammonia, dinamakan dengan amonifikasi. Proses amonifikasi dari senyawa nitrogen organik pada prinsipnya merupakan reaksi penguraian protein oleh mikroba. Sehingga dihasilkan asam amino. Selanjutnya tergantung macam asam aminonya dan jenis mikroba yang berperan, asam amino akan dapat terdeaminasi (penghilangan kelompok Amine (NH₂-)) melalui berbagai reaksi dengan hasil akhirnya nitrogen sebagai ammonia. Menurut Shanaz (2008), *B. firmus* menghasilkan *extraselluler alkalin protease* yang berpotensi sebagai bioremediator. Reaksi amonifikasi umumnya sebagai berikut:



Ammonia akan dioksidasi menjadi nitrit dan nitrat melalui adanya proses nitrifikasi, sesuai reaksi di bawah ini.



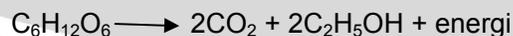
Proses nitrifikasi tersebut dilakukan oleh bakteri nitrifikasi, yaitu bakteri tertentu yang mampu menyusun senyawa nitrit dan nitrat dari amoniak. Proses ini dilakukan oleh mikroba *kemoautotrof*, kelompok bakteri ini mampu menggunakan senyawa anorganik sebagai sumber energi dan menggunakan karbondioksida (CO₂) sebagai sumber karbon. Menurut Shanaz (2008), *B. firmus* merupakan bakteri nitrifikasi positif dapat tumbuh pada suhu maksimum 40-45^oC dan pada suhu minimum 5-10^oC.

Nitrifikasi terdiri atas dua tahap yaitu reaksi nitritasi dan nitratasi. Reaksi nitritasi ialah oksidasi amoniak menjadi nitrit oleh bakteri nitrit. Sedangkan reaksi nitratasi ialah oksidasi senyawa nitrit menjadi nitrat oleh bakteri nitrat (Anonymous, 2010^d). Nitrit biasanya tidak bertahan lama dan merupakan

keadaan sementara proses oksidasi antara ammonia dan nitrat (Alaerts dan Santika, 1984). Di perairan bebas dengan oksigen yang cukup, nitrit hasil dari oksidasi ammonia akan menguap. Selanjutnya nitrit dapat dioksidasi menjadi nitrat. Namun, pada penelitian ini kondisi media pada keadaan anaerob. Nitrit hasil dari oksidasi ammonia terjadi peningkatan sehingga nitrat yang dihasilkan semakin berkurang atau terjadi penurunan. Oleh karena itu, pemberian bakteri *B. firmus* dapat memberikan pengaruh yaitu mampu menurunkan kandungan bahan organik yang terdapat pada sedimen tambak udang.

Berkurangnya kandungan bahan organik disebabkan karena perombakan yang dilakukan bakteri *B. firmus* yang mampu bertahan dan mendegradasi bahan organik pada kondisi lingkungan dengan oksigen yang rendah bahkan mendekati nilai minimum karena memiliki sifat anaerob fakultatif. Beberapa bakteri (*Clotridium*, anaerob obligat, *Bacillus*, anaerob fakultatif) memecah komponen makromolekular detritus menjadi molekul yang lebih sederhana dengan proses fermentasi dan hidrolisis. Produk ini adalah substrat untuk bakteri anaerob yang menyempurnakan mineralisasi bahan organik (Komarawidjaja, 2006).

Fermentasi adalah proses produksi energi dalam sel dalam keadaan anaerob (tanpa oksigen). Secara umum, fermentasi adalah salah satu bentuk respirasi anaerob. Beberapa contoh hasil fermentasi adalah etanol, asam laktat, dan hidrogen. Akan tetapi beberapa komponen lain dapat juga dihasilkan dari fermentasi seperti asam butirat dan aseton (Kurniawan, 2011). Proses fermentasi sesuai reaksi di bawah ini:



Reaksi dalam fermentasi berbeda-beda tergantung pada jenis gula yang digunakan dan produk yang dihasilkan. Secara singkat, glukosa ($C_6H_{12}O_6$) yang merupakan gula paling sederhana, melalui fermentasi akan menghasilkan karbondioksida, alkohol (etanol) dan energi.

Menurut Rahmanto dan Ambarwati (2009), jalur biokimia yang terjadi, sebenarnya bervariasi tergantung jenis gula yang terlibat, tetapi umumnya melibatkan jalur glikolisis, yang merupakan bagian dari tahap awal respirasi aerob pada sebagian besar organisme. Jalur terakhir akan bervariasi tergantung produk akhir yang dihasilkan. Tahap akhir dari fermentasi adalah konversi piruvat ke produk fermentasi akhir. Tahap ini tidak menghasilkan energi tetapi sangat penting bagi sel anaerob karena tahap ini meregenerasi *nicotinamide adenine dinucleotide* (NAD^+), yang diperlukan untuk glikolisis. NAD^+ diperlukan untuk fungsi sel normal karena glikolisis merupakan satu-satunya sumber ATP dalam kondisi anaerob.

Tingginya kadar ammonia di dalam air tambak, baik dalam bentuk ammonia non-ionik (NH_3) dan ammonia ionik (NH_4) dipengaruhi oleh pH, suhu, salinitas dan tekanan osmotik. Ammonia non-ionik sangat toksik terhadap organisme akuatik seperti ikan, crustacea dan moluska (Komarawidjaja, 2006). Pengaruh langsung dari kadar ammonia tinggi yang belum mematikan ialah rusaknya jaringan insang, dimana lempeng insang membengkak sehingga fungsinya sebagai alat pernafasan akan terganggu. Sebagai akibat lanjut, dalam keadaan kronis ikan/udang tidak lagi hidup normal (Kordi dan Tancung, 2007).

Fungsi paling penting penggunaan bakteri probiotik pada media pemeliharaan adalah mempertahankan kestabilan parameter kualitas air tambak dengan menurunkan bahan organik, ammonia, gas hidrogen sulfida dan gas-gas beracun lainnya (Muliani, *et al.*, 2008). Menurut Khairul (2004), ammonia pada konsentrasi diatas 0,45 ppm dapat menghambat pertumbuhan udang sampai 50%, untuk itu keberadaan ammonia hendaknya tidak lebih dari 0,1 ppm.

4.2.2 Nitrit (ppm)

Nilai nitrit sebelum dan sesudah pemberian bakteri *B. firmus* pada masing-masing perlakuan, diketahui bahwa *B. firmus* memiliki potensi dalam mendegradasi nitrit dari sedimen tambak udang. Perhitungan data pengukuran potensi degradasi bakteri *B. firmus* terhadap nitrit dapat dilihat pada Lampiran 10. Besarnya potensi *B. firmus* dalam mendegradasi nitrit dapat dilihat pada Tabel 10 berikut.

Tabel 10. Hasil Pengukuran Laju Penurunan (ppm/jam) Degradasi Bakteri *B. firmus* Terhadap Nitrit dari Sedimen Tambak Udang

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	Standar Deviasi
	1	2	3			
A = 10^4 sel/ml	0,000104	0,000145	0,000145	0,000396	0,000132	0,000024
B = 10^5 sel/ml	0,000562	0,000729	0,00025	0,001542	0,000514	0,000243
C = 10^6 sel/ml	0,000708	0,000854	0,000875	0,002438	0,000813	0,000090
D = 10^7 sel/ml	0,000791	0,001208	0,000916	0,002917	0,000972	0,000214
Total				0,007292		
K = Kontrol	0,000062	0,000104	0,000041	0,000208	0,000069	0,000031

Berdasarkan sidik ragam potensi degradasi bakteri *B. firmus* terhadap nitrit dari sedimen tambak udang menunjukkan adanya pengaruh berbeda sangat nyata (*highly significant*) antar perlakuan, seperti terlihat pada tabel 11 berikut.

Tabel 11. Sidik Ragam Potensi Degradasi Bakteri *B. firmus* Terhadap Nitrit dari Sedimen Tambak Udang

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	0,0000012	0,00000041	14,4207**	3,48	5,90
Acak	8	0,00000023	0,000000028			
Total	11	0,0000015				

Keterangan : ** = Berbeda Sangat Nyata

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa pemberian *B. firmus* memberikan pengaruh berbeda sangat nyata (*highly significant*) terhadap nilai nitrit dari sedimen tambak udang. Hal ini ditunjukkan dengan F hitung yang lebih besar dari

F 1% dan F 5% yang berarti kepadatan *B. firmus* sangat berpengaruh terhadap penurunan nilai nitrit dari sedimen tambak udang. Untuk mengetahui tingkat perbedaan dari masing-masing perlakuan maka dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 0,05 dan 0,01. BNT 5% yang didapat sebesar 0,0003067, BNT 1% sebesar 0,0004363 dengan SED sebesar 0,0001377. Uji BNT dapat dilihat pada Tabel 12 berikut.

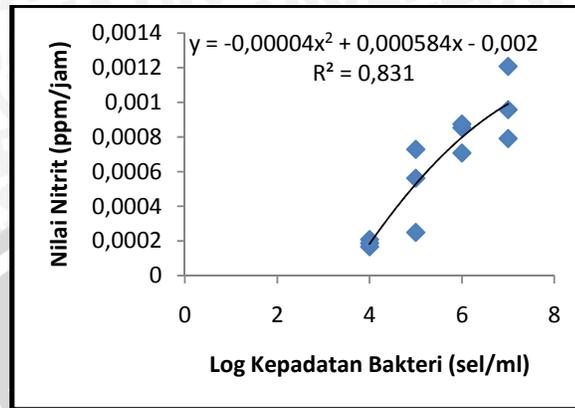
Tabel 12. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Potensi Degradasi Bakteri *B. firmus* Terhadap Nitrit dari Sedimen Tambak Udang (ppm/jam)

Rata-rata Perlakuan	A = 0,000132	B = 0,000514	C = 0,000812	D = 0,000972	Notasi
A = 0,000132	-	-	-	-	a
B = 0,000514	0,0003819*	-	-	-	b
C = 0,000812	0,0006806**	0,0002986 ^{ns}	-	-	bc
D = 0,000972	0,0008403**	0,0004583**	0,0001597 ^{ns}	-	cd

Berdasarkan hasil uji BNT, potensi degradasi bakteri *B. firmus* terhadap nitrit pada perlakuan A (10^4 sel/ml) memberikan hasil tidak berbeda nyata dengan notasi a. Perlakuan B (10^5 sel/ml) memberikan hasil berbeda nyata dengan notasi b. Perlakuan C (10^6 sel/ml) dan D (10^7 sel/ml) pemberian *B. firmus* memberikan hasil berbeda nyata dalam mendegradasi nitrit dengan notasi bc dan cd.

Untuk mengetahui hubungan antar perlakuan kepadatan bakteri *B. firmus* dengan nilai degradasi nitrit yang terkandung dalam sedimen tambak udang maka digunakan analisa regresi. Bentuk regresi yang digunakan adalah bentuk kuadrat dan didapatkan persamaan $y = -0,00004x^2 + 0,000584x - 0,002$. Koefisien determinasi yang didapatkan yaitu (R^2) sebesar 0,831 artinya 83,1% penurunan nilai nitrit yang dalam sedimen tambak udang dipengaruhi oleh kepadatan bakteri *B. firmus* yang diberikan. Koefisien korelasi (r) didapatkan sebesar 0,911 (mendekati 1) yang artinya kepadatan bakteri *B. firmus* dan nilai nitrit yang dihasilkan memiliki korelasi yang sangat tinggi. Adapun grafik hubungan antara

kepadatan *B. firmus* dengan penurunan nitrit dalam sedimen tambak udang disajikan pada Gambar 12 berikut.



Gambar 12. Hubungan Antara Kepadatan Bakteri *B. firmus* (x) dengan Penurunan Nilai Nitrit dalam Sedimen Tambak Udang (y)

Titik puncak grafik di atas terdapat pada $[(X = 7,3);(Y = 0,00013)]$ yang menunjukkan bahwa penambahan *B. firmus* dengan kepadatan 7,3 memiliki kemampuan tertinggi dalam mendegradasi nitrit dari sedimen tambak udang, yaitu 0,00013 ppm/jam.

Nitrit sebagai hasil oksidasi ammonia, juga merupakan senyawa nitrogen anorganik yang dapat membahayakan kehidupan udang bila terdapat dalam jumlah tinggi nitrit beracun karena potensinya mengikat hemoglobin sehingga mengganggu absorpsi oksigen dalam darah. Hasil potensi bakteri *B. firmus* terhadap degradasi nitrit menunjukkan bahwa penambahan *B. firmus* dengan kepadatan berbeda selama penelitian memberikan pengaruh nyata, mampu menurunkan kandungan nitrit yang terdapat pada sedimen tambak udang.

Potensi degradasi terbaik bakteri *B. firmus* terhadap nitrit terdapat pada perlakuan D (10^7 sel/ml) yaitu 0,000972 ppm/jam. Selanjutnya, perlakuan C (10^6 sel/ml) memiliki potensi mendegradasi nitrit sebesar 0,000813 ppm/jam. Perlakuan B (10^5 sel/ml) mampu mendegradasi nitrit dalam sedimen tambak sebesar 0,000514 ppm/jam, sedangkan perlakuan A (10^4 sel/ml) mendegradasi

nitrit sebesar 0,000132 ppm/jam. Perlakuan K (10^0 sel/ml) memiliki potensi degradasi nitrit yang paling sedikit yaitu 0,000069 ppm/jam.

Kepadatan terbaik bakteri *B. firmus* 10^7 sel/ml dalam mendegradasi terhadap nitrit dari tambak udang memiliki potensi yaitu 0,000972 ppm/jam. Diduga semakin tinggi kepadatan bakteri maka semakin tinggi laju penurunan konsentrasi nitrit. Hal ini disebabkan adanya aktivitas bakteri *B. firmus* yang dapat menguraikan bahan organik yang mengandung nitrogen organik menjadi ammonia, kemudian dioksidasikan menjadi nitrit dan nitrat. Nitrit dapat dengan mudah dioksidasikan menjadi nitrat. Oksidasi ammonia menjadi nitrit disebut reaksi nitritasi, ditunjukkan dalam persamaan berikut:



Nitrit biasanya tidak bertahan lama dan merupakan keadaan sementara proses oksidasi antara ammonia dan nitrat (Alaerts dan Santika, 1984). Di perairan bebas dengan oksigen yang cukup, nitrit hasil dari oksidasi ammonia akan menguap sehingga kelebihan nitrit dapat ditolerir. Pada konsentrasi DO yang tinggi, pembentukan nitrit akan berlangsung lebih cepat. Selanjutnya nitrit dapat dioksidasi menjadi nitrat. Namun, pada penelitian ini kondisi media pada keadaan anaerob. Nitrit hasil dari oksidasi ammonia terjadi peningkatan sehingga nitrat yang dihasilkan semakin berkurang atau terjadi penurunan. Oleh karena itu, pemberian bakteri *B. firmus* dapat memberikan pengaruh yaitu mampu menurunkan kandungan bahan organik yang terdapat pada sedimen tambak udang.

Berkurangnya kandungan bahan organik disebabkan karena perombakan yang dilakukan bakteri *B. firmus* yang mampu bertahan dan mendegradasi bahan organik pada kondisi lingkungan dengan oksigen yang rendah bahkan mendekati nilai minimum karena memiliki sifat anaerob fakultatif. Beberapa bakteri

(*Clotridium*, anaerob obligat, *Bacillus*, anaerob fakultatif) memecah komponen makromolekular detritus menjadi molekul yang lebih sederhana dengan proses fermentasi dan hidrolisis. Produk ini adalah substrat untuk bakteri anaerob yang menyempurnakan mineralisasi bahan organik (Komarawidjaja, 2006).

Menurut Rahmanto dan Ambarwati (2009), hidrolisis adalah reaksi kimia yang memecah molekul air (H_2O) menjadi kation hidrogen (H^+) dan anion hidroksida (OH^-) melalui suatu proses kimia. Proses ini biasanya digunakan untuk memecah polimer tertentu dengan bantuan enzim.

Mikroorganisme mempunyai potensi dalam memecah atau menguraikan rantai panjang karbohidrat, protein dan lemak yang terdapat pada bahan organik. Potensi ini diperoleh karena adanya enzim-enzim khusus yang dimiliki oleh mikroba untuk memecah ikatan tersebut (Feliatra, *et al.*, 2004).

Enzim yang dapat mengurai protein disebut enzim proteolitik, yaitu protease. Menurut Roosdiana, *et al.* (2003) enzim protease merupakan enzim ekstraseluler yang dikeluarkan oleh mikroba, berfungsi menghidrolisis ikatan peptida pada protein yang menghasilkan peptida lebih sederhana atau juga menghasilkan asam amino. Menurut Anonymous^a (2006), bakteri proteolitik yang termasuk bakteri aerob atau anaerob fakultatif, membentuk spora, misalnya *Bacillus*. Lipase merupakan kelompok enzim yang berfungsi sebagai biokatalisator hidrolisis lemak. Lipase merupakan kelompok enzim yang secara umum berfungsi dalam hidrolisis lemak untuk menghasilkan asam lemak bebas dan gliserol. Bakteri lain yang sudah diketahui menghasilkan lipase adalah strain anggota *Bacillus* sp, *Acinetobacter calcoaceticus* dan *Arthobacter oxydans* (Prayogo, 2009).

Bakteri amilolitik merupakan bakteri penghasil enzim amilase. Menurut Fardiaz (2000), pati dapat dipecah oleh berbagai mikroba amilolitik menjadi polimer yang lebih rendah atau gula monosakarida, dimana monosakarida

selanjutnya akan dipecah lagi menjadi energi. Menurut Prayogo (2009), yang termasuk bakteri pendegradasi amilum adalah *Bacillus* spp dan *Aspergillus niger*. Menurut Fardiaz (2000), perubahan suhu dan pH mempunyai pengaruh besar terhadap kerja enzim. Kecepatan reaksi enzim juga dipengaruhi oleh konsentrasi enzim dan konsentrasi substrat. Pada suhu terbaik reaksi berlangsung paling cepat.

Menurut Alaerts dan Santika (1984), nitrit sendiri membahayakan kesehatan karena dapat bereaksi dengan hemoglobin dalam darah, hingga darah tersebut tidak dapat mengangkut oksigen lagi dan dapat menyebabkan kematian. Menurut BSN (2006), kandungan nitrit di dalam air untuk pemeliharaan udang vannamei (*Liptopenaeus vannamei*) sebaiknya 0,1 ppm.

4.2.3 Nitrat (ppm)

Nilai nitrat sebelum dan sesudah pemberian bakteri *B. firmus* pada masing-masing perlakuan, diketahui bahwa *B. firmus* memiliki potensi dalam pembentukan nitrat dari sedimen tambak udang. Perhitungan data pengukuran potensi degradasi bakteri *B. firmus* terhadap pembentukan nitrat dapat dilihat pada Lampiran 11. Besarnya potensi *B. firmus* dalam pembentukan nitrat dapat dilihat pada Tabel 13 berikut.

Tabel 13. Hasil Pengukuran Laju Peningkatan (ppm/jam) Degradasi Bakteri *B. firmus* Terhadap Pembentukan Nitrat dari Sedimen Tambak Udang

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	Standar Deviasi
	1	2	3			
A = 10^4 sel/ml	0,00739	0,00952	0,01035	0,02727	0,00909	0,00152
B = 10^5 sel/ml	0,00466	0,01114	0,00887	0,02468	0,00822	0,00328
C = 10^6 sel/ml	0,01354	0,01470	0,01097	0,03922	0,01307	0,00190
D = 10^7 sel/ml	0,01420	0,01614	0,03037	0,06072	0,02024	0,00882
	Total			0,15191		
K = Kontrol	0,00306	0,00466	0,00337	0,01110	0,00370	0,00085

Berdasarkan sidik ragam potensi degradasi bakteri *B. firmus* terhadap pembentukan nitrat dari sedimen tambak udang menunjukkan adanya pengaruh berbeda nyata antar perlakuan, seperti terlihat pada Tabel 14 berikut.

Tabel 14. Sidik Ragam Potensi Degradasi bakteri *B. firmus* Terhadap Pembentukan Nitrat dari Sedimen Tambak Udang

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	0,00027	0,0000901	3,8034*	3,48	5,9
Acak	8	0,000189	0,0000237			
Total	11	0,00046				

Keterangan : * = Berbeda Nyata

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa pemberian *B. firmus* memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap pembentukan nitrat dari sedimen tambak udang. Hal ini ditunjukkan dengan F hitung yang lebih kecil dari F 1% dan F hitung lebih besar dari F 5% yang berarti kepadatan *B. firmus* berpengaruh terhadap pembentukan nitrat dari sedimen tambak udang. Untuk mengetahui tingkat perbedaan dari masing-masing perlakuan maka dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 0,05 dan 0,01. BNT 5% yang didapat sebesar 0,00885, BNT 1% sebesar 0,01259 dengan SED sebesar 0,003973. Uji BNT dapat dilihat pada Tabel 15 berikut.

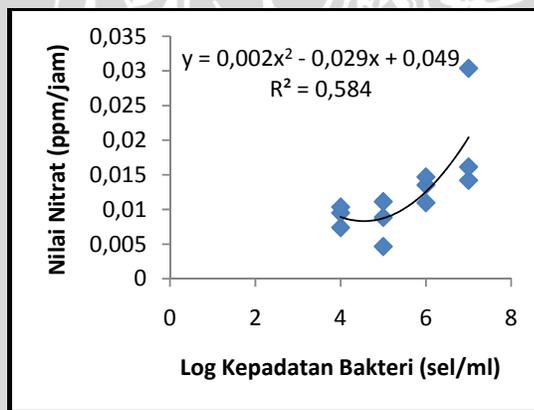
Tabel 15. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Potensi Degradasi bakteri *B. firmus* Terhadap Pembentukan Nitrat dari Sedimen Tambak Udang (ppm/jam)

Rata-rata Perlakuan	B = 0,00822	A = 0,00909	C = 0,01307	D = 0,02024	Notasi
B = 0,00822	-	-	-	-	a
A = 0,00909	0,000861 ^{ns}	-	-	-	a
C = 0,01307	0,004847 ^{ns}	0,003986 ^{ns}	-	-	a
D = 0,02024	0,012014*	0,011153*	0,007167*	-	b

Berdasarkan hasil uji BNT, potensi degradasi bakteri *B. firmus* terhadap nitrat pada perlakuan B (10^5 sel/ml), A (10^4 sel/ml) dan C (10^6 sel/ml),

memberikan hasil tidak berbeda nyata dengan notasi a. Perlakuan D (10^7 sel/ml) pemberian *B. firmus* memberikan hasil berbeda nyata dengan notasi b.

Untuk mengetahui hubungan antar perlakuan kepadatan bakteri *B. firmus* dengan nilai pembentukan nitrat yang terkandung dalam sedimen tambak udang maka digunakan analisa regresi. Bentuk regresi yang digunakan adalah bentuk kuadratik dan didapatkan persamaan $y=0,002x^2-0,029x+0,049$. Koefisien determinasi yang didapatkan yaitu (R^2) sebesar 0,584 artinya 58,4% pembentukan nitrat yang dalam sedimen tambak udang dipengaruhi oleh kepadatan bakteri *B. firmus* yang diberikan. Koefisien korelasi (r) didapatkan sebesar 0,764 (mendekati 1) yang artinya kepadatan bakteri *B. firmus* dan pembentukan nitrat yang dihasilkan memiliki korelasi yang tinggi. Adapun grafik hubungan antara kepadatan *B. firmus* dengan pembentukan nitrat dalam sedimen tambak udang disajikan pada Gambar 13 berikut.



Gambar 13. Hubungan Antara Kepadatan Bakteri *B. firmus* (x) dengan Nilai Pembentukan Nitrat dalam Sedimen Tambak Udang (y)

Titik puncak grafik di atas terdapat pada $[(X = 7,25);(Y = 0,1467)]$ yang menunjukkan bahwa penambahan *B. firmus* dengan kepadatan 7,25 memiliki kemampuan tertinggi dalam mendegradasi nitrat dari sedimen tambak udang, yaitu 0,1467 ppm/jam.

Hasil akhir proses nitrifikasi adalah terbentuknya nitrat. Senyawa N-anorganik ini relatif tidak bersifat racun bagi kehidupan udang dibanding dengan ammonia dan nitrit. Sebagai hasil akhir dari proses nitrifikasi konsentrasi nitrat terjadi peningkatan seiring dengan kepadatan bakteri yang digunakan. Potensi degradasi bakteri *B. firmus* terhadap pembentukan nitrat memberikan pengaruh nyata yang terdapat pada sedimen tambak udang. Potensi degradasi terbaik bakteri *B. firmus* terhadap pembentukan nitrat terdapat pada perlakuan D (10^7 sel/ml) yaitu 0,02024 ppm/jam. Selanjutnya, perlakuan C (10^6 sel/ml) memiliki potensi mendegradasi pembentukan nitrat sebesar 0,01307 ppm/jam. Perlakuan A (10^4 sel/ml) mampu mendegradasi pembentukan nitrat dalam sedimen tambak sebesar 0,00909 ppm/jam, sedangkan perlakuan B (10^5 sel/ml) mendegradasi pembentukan nitrat sebesar 0,00822 ppm/jam. Perlakuan K (10^0 sel/ml) memiliki potensi degradasi pembentukan nitrat yang paling sedikit yaitu 0,00370 ppm/jam.

Kepadatan terbaik bakteri *B. firmus* 10^7 sel/ml dalam mendegradasi terhadap pembentukan nitrat dari sedimen tambak udang memiliki potensi yaitu 0,02024 ppm/jam. Diduga semakin tinggi kepadatan bakteri maka semakin tinggi laju pembentukan nitrat, hal ini disebabkan karena adanya perombakan oleh bakteri *B. firmus*, nitrat dibentuk dari asam nitrit yang berasal dari ammonia melalui proses oksidasi katalitik. Bentuk pertengahan dari nitrifikasi dan denitrifikasi. Oksidasi nitrit menjadi nitrat disebut reaksi nitratasi, ditunjukkan dalam persamaan berikut:



Oksidasi nitrit menjadi nitrat, nitrogen oksida ionik ini kemudian terdifusi ke dalam oksigen rendah. Dalam kondisi kadar oksigen rendah, terjadi proses denitrifikasi. Proses dimana bakteri menggunakan nitrat sebagai sumber oksigen ketika kadar oksigen rendah.

Di perairan bebas dengan oksigen yang cukup, nitrit hasil dari oksidasi ammonia akan menguap sehingga kelebihan nitrit dapat ditolerir. Pada konsentrasi DO yang tinggi, pembentukan nitrit akan berlangsung lebih cepat. Selanjutnya nitrit dapat dioksidasi menjadi nitrat. Namun, pada penelitian ini kondisi media pada keadaan anaerob. Nitrit hasil dari oksidasi ammonia terjadi peningkatan sehingga nitrat yang dihasilkan semakin berkurang atau terjadi penurunan. Oleh karena itu, pemberian bakteri *B. firmus* dapat memberikan pengaruh yaitu mampu menurunkan kandungan bahan organik yang terdapat pada sedimen tambak udang.

Berkurangnya kandungan bahan organik disebabkan karena perombakan yang dilakukan bakteri *B. firmus* yang mampu bertahan dan mendegradasi bahan organik pada kondisi lingkungan dengan oksigen yang rendah bahkan mendekati nilai minimum karena memiliki sifat anaerob fakultatif. Beberapa bakteri (*Clotridium*, anaerob obligat, *Bacillus*, anaerob fakultatif) memecah komponen makromolekular detritus menjadi molekul yang lebih sederhana dengan proses fermentasi dan hidrolisis. Produk ini adalah substrat untuk bakteri anaerob yang menyempurnakan mineralisasi bahan organik (Komarawidjaja, 2006).

Menurut Rahmanto dan Ambarwati (2009), hidrolisis adalah reaksi kimia yang memecah molekul air (H_2O) menjadi kation hidrogen (H^+) dan anion hidroksida (OH^-) melalui suatu proses kimia. Proses ini biasanya digunakan untuk memecah polimer tertentu dengan bantuan enzim.

Mikroorganisme mempunyai potensi dalam memecah atau menguraikan rantai panjang karbohidrat, protein dan lemak yang terdapat pada bahan organik. Potensi ini diperoleh karena adanya enzim-enzim khusus yang dimiliki oleh mikroba untuk memecah ikatan tersebut (Feliatra, *et al.*, 2004).

Enzim yang dapat mengurai protein disebut enzim proteolitik, yaitu protease. Menurut Roosdiana, *et al.* (2003), enzim protease merupakan enzim

ekstraseluler yang dikeluarkan oleh mikroba, berfungsi menghidrolisis ikatan peptida pada protein yang menghasilkan peptida lebih sederhana atau juga menghasilkan asam amino. Menurut Anonymous (2006^a), bakteri proteolitik yang termasuk bakteri aerob atau anaerob fakultatif, membentuk spora, misalnya *Bacillus*. Reaksi penguraian protein dapat dilihat sebagai berikut:



Lipase merupakan kelompok enzim yang berfungsi sebagai biokatalisator hidrolisis lemak. Lipase merupakan kelompok enzim yang secara umum berfungsi dalam hidrolisis lemak untuk menghasilkan asam lemak bebas dan gliserol. Bakteri lain yang sudah diketahui menghasilkan lipase adalah strain anggota *Bacillus* sp, *Acinetobacter calcoaceticus* dan *Arthobacter oxydans* (Prayogo, 2009).

Bakteri amilolitik merupakan bakteri penghasil enzim amilase. Menurut Fardiaz (2000), pati dapat dipecah oleh berbagai mikroba amilolitik menjadi polimer yang lebih rendah atau gula monosakarida, dimana monosakarida selanjutnya akan dipecah lagi menjadi energi. Menurut Prayogo (2009), yang termasuk bakteri pendegradasi amilum adalah *Bacillus* spp dan *Aspergillus niger*. Menurut Fardiaz (2000), perubahan suhu dan pH mempunyai pengaruh besar terhadap kerja enzim. Kecepatan reaksi enzim juga dipengaruhi oleh konsentrasi enzim dan konsentrasi substrat. Pada suhu terbaik reaksi berlangsung paling cepat.

4.2.4 Total Bahan Organik (ppm)

Hasil pengukuran Total Bahan Organik/*Total Organic Matter* (TOM) sebelum dan sesudah pemberian bakteri *B. firmus* pada masing-masing perlakuan, diketahui bahwa *B. firmus* memiliki potensi dalam mendegradasi TOM

dari sedimen tambak udang. Perhitungan data pengukuran potensi degradasi bakteri *B. firmus* terhadap penurunan TOM dapat dilihat pada Lampiran 12. Besarnya potensi *B. firmus* dalam mendegradasi TOM dapat dilihat pada Tabel 16 berikut.

Tabel 16. Hasil Pengukuran Laju Penurunan (ppm/jam) Degradasi Bakteri *B. firmus* Terhadap TOM dari Sedimen tambak Udang

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	Standar Deviasi
	1	2	3			
A = 10^4 sel/ml	0,0300	0,0428	0,0299	0,1028	0,0342	0,0074
B = 10^5 sel/ml	0,0416	0,0414	0,0449	0,1280	0,0426	0,0019
C = 10^6 sel/ml	0,0654	0,0619	0,0457	0,1731	0,0577	0,0104
D = 10^7 sel/ml	0,0713	0,0735	0,1013	0,2461	0,0820	0,0167
Total				0,6502		
K = Kontrol	0,0589	0,0299	0,0220	0,111	0,037	0,0194

Berdasarkan sidik ragam potensi degradasi bakteri *B. firmus* terhadap TOM dari sedimen tambak udang menunjukkan adanya pengaruh berbeda sangat nyata (*highly significant*) antar perlakuan, seperti terlihat pada Tabel 17 berikut.

Tabel 17. Sidik Ragam Potensi Degradasi bakteri *B. firmus* Terhadap TOM dari Sedimen tambak Udang

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	0,00395	0,001317	11,737**	3,48	5,9
Acak	8	0,00089	0,000112			
Total	11	0,00485				

Keterangan : ** = Berbeda Sangat Nyata

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa pemberian *B. firmus* memberikan pengaruh berbeda sangat nyata (*highly significant*) terhadap nilai TOM dari sedimen tambak udang. Hal ini ditunjukkan dengan F hitung yang lebih besar dari F 1% dan F 5% yang berarti kepadatan *B. firmus* sangat berpengaruh terhadap penurunan nilai TOM dari sedimen tambak udang. Untuk mengetahui tingkat perbedaan dari masing-masing perlakuan maka dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 0,05 dan 0,01. BNT 5% yang didapat sebesar

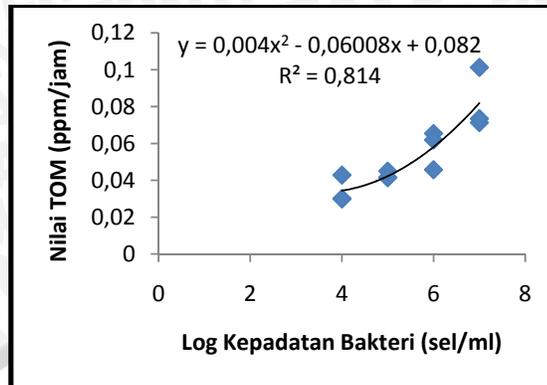
0,019273, BNT 1% sebesar 0,027413 dengan SED sebesar 0,008651. Uji BNT dapat dilihat pada Tabel 18 berikut.

Tabel 18. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Potensi Degradasi bakteri *B. firmus* Terhadap TOM dari Sedimen tambak Udang (ppm/jam)

Rata-rata Perlakuan	A = 0,0342	B = 0,0426	C = 0,0577	D = 0,0820	Notasi
A = 0,0342	-	-	-	-	a
B = 0,0426	0,00840 ^{ns}	-	-	-	a
C = 0,0577	0,02343*	0,01502 ^{ns}	-	-	ab
D = 0,0820	0,04777**	0,03936**	0,02434*	-	b

Berdasarkan hasil uji BNT, potensi degradasi bakteri *B. firmus* terhadap TOM pada perlakuan A (10^4 sel/ml) dan B (10^5 sel/ml) memberikan hasil tidak berbeda nyata dengan notasi a. Perlakuan C (10^6 sel/ml) memberikan hasil berbeda nyata terhadap perlakuan A (10^4 sel/ml) dan B (10^5 sel/ml) dengan notasi ab. Sedangkan pada perlakuan D (10^7 sel/ml) pemberian *B. firmus* memberikan hasil berbeda nyata dalam mendegradasi TOM dengan notasi b.

Untuk mengetahui hubungan antar perlakuan kepadatan bakteri *B. firmus* dengan nilai degradasi TOM yang terkandung dalam sedimen tambak udang maka digunakan analisa regresi. Bentuk regresi yang digunakan adalah bentuk kuadratik dan didapatkan persamaan $y=0,004x^2-0,06008x+0,082$. Koefisien determinasi yang didapatkan yaitu (R^2) sebesar 0,814 artinya 81,4% penurunan nilai TOM yang dalam sedimen tambak udang dipengaruhi oleh kepadatan bakteri *B. firmus* yang diberikan. Koefisien korelasi (r) didapatkan sebesar 0,902 (mendekati 1) yang artinya kepadatan bakteri *B. firmus* dan nilai TOM yang dihasilkan memiliki korelasi yang sangat tinggi. Adapun grafik hubungan antara kepadatan *B. firmus* dengan penurunan TOM dalam sedimen tambak udang disajikan pada Gambar 14 berikut.



Gambar 14. Hubungan Antara Kepekatan Bakteri *B. firmus* (x) dengan Penurunan Nilai TOM dalam Sedimen Tambak Udang (y)

Titik puncak grafik di atas terdapat pada [(X = 7,51);(Y = 0,0792)] yang menunjukkan bahwa penambahan *B. firmus* dengan kepekatan 7,51 memiliki kemampuan tertinggi dalam mendegradasi TOM dari sedimen tambak udang, yaitu 0,0792 ppm/jam.

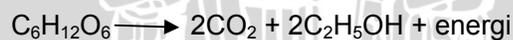
Potensi degradasi bakteri *B. firmus* terhadap TOM memberikan pengaruh nyata yang terdapat pada sedimen tambak udang. Potensi degradasi terbaik bakteri *B. firmus* terhadap TOM terdapat pada perlakuan D (10^7 sel/ml) yaitu 0,0820 ppm/jam. Selajutnya, perlakuan C (10^6 sel/ml) memiliki potensi mendegradasi TOM sebesar 0,0577 ppm/jam. Perlakuan B (10^5 sel/ml) mampu mendegradasi TOM dalam sedimen tambak sebesar 0,0426 ppm/jam, sedangkan perlakuan K (10^0 sel/ml) mendegradasi TOM sebesar 0,037 ppm/jam. Perlakuan A (10^4 sel/ml) memiliki potensi degradasi TOM yang paling sedikit yaitu 0,0342 ppm/jam.

Pemberian bakteri dengan kepekatan 10^7 sel/ml yang didapatkan pada penelitian ini dapat mendegradasi TOM dengan baik dibandingkan dengan kepekatan yang lainnya. Hal ini dikarenakan potensi dalam mendegradasi TOM, salah satunya dipengaruhi oleh kepekatan bakteri. Diduga semakin tinggi kepekatan bakteri maka semakin tinggi laju penurunan konsentrasi TOM.

Menurut Enari (1998), genus *Bacillus* merupakan salah satu kelompok bakteri yang mampu mendegradasi bahan organik.

Berkurangnya kandungan bahan organik disebabkan karena perombakan yang dilakukan oleh bakteri *B. firmus* yang mampu bertahan dan mendegradasi bahan organik pada kondisi lingkungan dengan oksigen yang rendah bahkan mendekati nilai minimum karena memiliki sifat anaerob fakultatif. Beberapa bakteri (*Clotridium*, anaerob obligat, *Bacillus*, anaerob fakultatif) memecah komponen makromolekular detritus menjadi molekul yang lebih sederhana dengan hidrolisis dan proses fermentasi. Produk ini adalah substrat untuk bakteri anaerob yang menyempurnakan mineralisasi bahan organik (Komarawidjaja, 2006).

Fermentasi adalah proses produksi energi dalam sel dalam keadaan anaerob (tanpa oksigen). Secara umum, fermentasi adalah salah satu bentuk respirasi anaerob. Beberapa contoh hasil fermentasi adalah etanol, asam laktat, dan hidrogen. Akan tetapi beberapa komponen lain dapat juga dihasilkan dari fermentasi seperti asam butirat dan aseton (Kurniawan, 2011). Proses fermentasi sesuai reaksi di bawah ini.



Reaksi dalam fermentasi berbeda-beda tergantung pada jenis gula yang digunakan dan produk yang dihasilkan. Secara singkat, glukosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) yang merupakan gula paling sederhana, melalui fermentasi akan menghasilkan karbondioksida, alkohol (etanol) dan energi.

Menurut Rahmanto dan Ambarwati (2009), jalur biokimia yang terjadi, sebenarnya bervariasi tergantung jenis gula yang terlibat, tetapi umumnya melibatkan jalur glikolisis, yang merupakan bagian dari tahap awal respirasi aerob pada sebagian besar organisme. Jalur terakhir akan bervariasi tergantung produk akhir yang dihasilkan. Tahap akhir dari fermentasi adalah konversi piruvat

ke produk fermentasi akhir. Tahap ini tidak menghasilkan energi tetapi sangat penting bagi sel anaerob karena tahap ini meregenerasi *nicotinamide adenine dinucleotide* (NAD^+), yang diperlukan untuk glikolisis. NAD^+ diperlukan untuk fungsi sel normal karena glikolisis merupakan satu-satunya sumber ATP dalam kondisi anaerob.

Menurut Rahmanto dan Ambarwati (2009), hidrolisis adalah reaksi kimia yang memecah molekul air (H_2O) menjadi kation hidrogen (H^+) dan anion hidroksida (OH^-) melalui suatu proses kimia. Proses ini biasanya digunakan untuk memecah polimer tertentu dengan bantuan enzim.

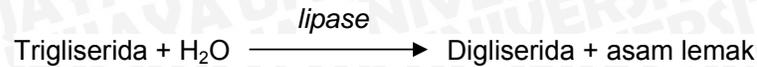
Mikroorganisme mempunyai potensi dalam memecah atau menguraikan rantai panjang karbohidrat, protein dan lemak yang terdapat pada bahan organik. Potensi ini diperoleh karena adanya enzim-enzim khusus yang dimiliki oleh mikroba untuk memecah ikatan tersebut (Feliatra, *et al.*, 2004).

Enzim yang dapat mengurai protein disebut enzim proteolitik, yaitu protease. Menurut Roosdiana, *et al.* (2003), enzim protease merupakan enzim ekstraseluler yang dikeluarkan oleh mikroba, berfungsi menghidrolisis ikatan peptida pada protein yang menghasilkan peptida lebih sederhana atau juga menghasilkan asam amino. Menurut Anonymous^a (2006), bakteri proteolitik yang termasuk bakteri aerob atau anaerob fakultatif, membentuk spora, misalnya *Bacillus*. Reaksi penguraian protein dapat dilihat sebagai berikut:



Lipase merupakan kelompok enzim yang berfungsi sebagai biokatalisator hidrolisis lemak. Lipase merupakan kelompok enzim yang secara umum berfungsi dalam hidrolisis lemak untuk menghasilkan asam lemak bebas dan gliserol. Bakteri lain yang sudah diketahui menghasilkan lipase adalah strain

anggota *Bacillus* sp, *Acinetobacter calcoaceticus* dan *Arthobacter oxydans* (Prayogo, 2009). Reaksi penguraian oleh lipase sebagai berikut:



Bakteri amilolitik merupakan bakteri penghasil enzim amilase. Menurut Fardiaz (2000), pati dapat dipecah oleh berbagai mikroba amilolitik menjadi polimer yang lebih rendah atau gula monosakarida, dimana monosakarida selanjutnya akan dipecah lagi menjadi energi. Menurut Prayogo (2009), yang termasuk bakteri pendegradasi amilum adalah *Bacillus* spp dan *Aspergillus niger*. Menurut Fardiaz (2000), perubahan suhu dan pH mempunyai pengaruh besar terhadap kerja enzim. Kecepatan reaksi enzim juga dipengaruhi oleh konsentrasi enzim dan konsentrasi substrat. Pada suhu terbaik reaksi berlangsung paling cepat.

Kepadatan bakteri komersil yang ditambahkan pada air dan dasar tambak berkisar antara 10^4 sel/ml sampai dengan 10^7 sel/ml (Gunarto, *et al.*, 2006). Menurut Muliani, *et al.* (2008), fungsi paling penting penggunaan bakteri probiotik pada media pemeliharaan adalah mempertahankan kestabilan parameter kualitas air tambak dengan menurunkan bahan organik, ammonia, gas hidrogen sulfida dan gas-gas beracun lainnya. Selain itu juga mengontrol terjadinya blooming alga sehingga dapat menjaga kestabilan nilai pH dalam tambak, menurunkan kadar BOD dan menjaga ketersediaan oksigen bagi pertumbuhan udang. Menurut Musiran (2007), secara umum sulit untuk menentukan pengaruh bahan organik total (TOM) terhadap kualitas air, akan tetapi diakui bahwa kandungan bahan organik total dapat mempengaruhi kecerahan dan kandungan oksigen.

4.2.5 Oksigen Terlarut (ppm)

Nilai oksigen terlarut/*Dissolved Oxygen* (DO) sebelum dan sesudah pemberian bakteri *B. firmus* pada masing-masing perlakuan, diketahui bahwa *B. firmus* memiliki potensi dalam memanfaatkan oksigen untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerob dari sedimen tambak udang. Perhitungan data pengukuran potensi degradasi bakteri *B. firmus* terhadap penurunan DO dapat dilihat pada Lampiran 13. Besarnya potensi *B. firmus* terhadap DO dapat dilihat pada Tabel 19 berikut.

Tabel 19. Hasil Pengukuran Laju Penurunan (ppm/jam) Bakteri *B. firmus* Terhadap DO dari Sedimen Tambak Udang

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	Standar Deviasi
	1	2	3			
A = 10^4 sel/ml	0,0104	0,0145	0,0125	0,0375	0,0125	0,0020
B = 10^5 sel/ml	0,0166	0,025	0,0312	0,0729	0,0243	0,0073
C = 10^6 sel/ml	0,0270	0,0333	0,0229	0,0833	0,0277	0,0052
D = 10^7 sel/ml	0,0375	0,0437	0,0291	0,1104	0,0368	0,0073
Total				0,3041		
K = Kontrol	0,0145	0,0208	0,0187	0,0541	0,0180	0,0031

Berdasarkan sidik ragam potensi bakteri *B. firmus* terhadap DO dari sedimen tambak udang menunjukkan adanya pengaruh berbeda sangat nyata (*highly significant*) antar perlakuan, seperti terlihat pada Tabel 20 berikut.

Tabel 20. Sidik Ragam Potensi bakteri *B. firmus* Terhadap DO dari Sedimen Tambak Udang

SK	db	JK	KT	F Hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	0,00091	0,0003	8,7361**	3,48	5,90
Acak	8	0,00028	0,000035			
Total	11	0,00119				

Keterangan : ** = Berbeda Sangat Nyata

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa pemberian *B. firmus* memberikan pengaruh berbeda sangat nyata (*highly significant*) terhadap nilai DO dari sedimen tambak udang. Hal ini ditunjukkan dengan F hitung yang lebih besar dari

F 1% dan F 5% yang berarti kepadatan *B. firmus* sangat berpengaruh terhadap penurunan nilai DO dari sedimen tambak udang. Untuk mengetahui tingkat perbedaan dari masing-masing perlakuan maka dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 0,05 dan 0,01. BNT 5% yang didapat sebesar 0,01072, BNT 1% sebesar 0,01525 dengan SED sebesar 0,00481. Uji BNT dapat dilihat pada Tabel 21 berikut.

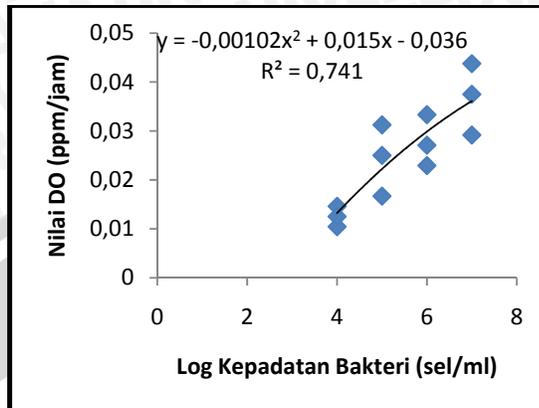
Tabel 21. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Potensi bakteri *B. firmus* Terhadap DO dari Sedimen Tambak Udang (ppm/jam)

Rata-rata Perlakuan	A = 0,0125	B = 0,0243	C = 0,0277	D = 0,0368	Notasi
A = 0,0125	-	-	-	-	a
B = 0,0243	0,01181*	-	-	-	b
C = 0,0277	0,01528**	0,00347 ^{ns}	-	-	bc
D = 0,0368	0,02431**	0,0125*	0,00903 ^{ns}	-	cd

Berdasarkan hasil uji BNT, potensi degradasi bakteri *B. firmus* terhadap DO pada perlakuan A (10^4 sel/ml) memberikan hasil tidak berbeda nyata dengan notasi a. Perlakuan B (10^5 sel/ml) memberikan hasil yang berbeda nyata dengan notasi b. Pada C (10^6 sel/ml) memberikan hasil berbeda nyata terhadap perlakuan B (10^5 sel/ml) dengan notasi bc. Perlakuan D (10^7 sel/ml) memberikan hasil berbeda nyata terhadap perlakuan C (10^6 sel/ml) dengan notasi cd.

Untuk mengetahui hubungan antar perlakuan kepadatan bakteri *B. firmus* dengan nilai DO yang terdapat dalam sedimen tambak udang maka digunakan analisa regresi. Bentuk regresi yang digunakan adalah bentuk kuadratik dan didapatkan persamaan $y = -0,00102x^2 + 0,015x - 0,036$. Koefisien determinasi yang didapatkan yaitu (R^2) sebesar 0,741 artinya 74,1% penurunan nilai DO yang dalam cair tambak udang dipengaruhi oleh kepadatan bakteri *B. firmus* yang diberikan. Koefisien korelasi (r) didapatkan sebesar 0,860 (mendekati 1) yang artinya kepadatan bakteri *B. firmus* dan nilai DO yang dihasilkan memiliki korelasi

yang sangat tinggi. Adapun grafik hubungan antara kepadatan *B. firmus* dengan penurunan DO dalam sedimen tambak udang disajikan pada Gambar 15 berikut.



Gambar 15. Hubungan Antara Kepadatan Bakteri *B. firmus* (x) dengan Penurunan Nilai DO dalam Sedimen Tambak Udang (y)

Titik puncak grafik di atas terdapat pada $[(X = 7,35);(Y = 0,0268)]$ yang menunjukkan bahwa penambahan *B. firmus* dengan kepadatan 7,35 memiliki kemampuan tertinggi dalam mendegradasi DO dari sedimen tambak udang, yaitu 0,0268 ppm/jam.

Potensi degradasi bakteri *B. firmus* terhadap DO memberikan pengaruh nyata yang terdapat pada sedimen tambak udang. Potensi degradasi terbaik bakteri *B. firmus* terhadap DO terdapat pada perlakuan D (10^7 sel/ml) yaitu 0,0368 ppm/jam. Selanjutnya, perlakuan C (10^6 sel/ml) memiliki potensi DO sebesar 0,0277 ppm/jam. Perlakuan B (10^5 sel/ml) mampu mendegradasi DO dalam sedimen tambak sebesar 0,0243 ppm/jam, sedangkan perlakuan K (10^0 sel/ml) mendegradasi DO sebesar 0,0180 ppm/jam. Perlakuan A (10^4 sel/ml) memiliki potensi degradasi DO yang paling sedikit yaitu 0,0125 ppm/jam.

Pemberian bakteri dengan kepadatan terbaik 10^7 sel/ml yang didapatkan pada penelitian ini dapat mendegradasi DO dengan baik dibandingkan dengan kepadatan yang lainnya. Diduga semakin tinggi kepadatan bakteri maka semakin tinggi laju penurunan konsentrasi DO. Hal ini menunjukkan bahwa *B. firmus*

mampu bertahan dan mendegradasi bahan organik pada kondisi lingkungan dengan oksigen yang rendah bahkan mendekati nilai minimum karena memiliki sifat anaerob fakultatif. Menurut Prayogo (2009), berdasarkan kebutuhannya terhadap oksigen, *Bacillus* spp. merupakan jenis aerob (hanya tumbuh bila ada oksigen bebas) atau anaerob fakultatif (tumbuh baik, ada atau tanpa oksigen bebas).

Hasil yang didapatkan pada penelitian ini menunjukkan bahwa ada proses pemanfaatan oksigen yang dibutuhkan untuk proses degradasi bahan organik. Dimana tinggi rendahnya oksigen dipengaruhi oleh bahan organik yang terkandung dalam lapisan sedimen, semakin tinggi bahan organik maka semakin banyak pula oksigen yang dibutuhkan karena dalam proses degradasi membutuhkan oksigen yang digunakan oleh bakteri. Oksigen memegang peranan penting sebagai indikator kualitas perairan, karena oksigen terlarut berperan sebagai proses oksidasi dan reduksi bahan organik dan anorganik.

Oksigen sangat diperlukan oleh bakteri untuk dapat menguraikan buangan sisa pakan dan nitrogen menjadi senyawa yang bermanfaat. Namun pada kondisi oksigen yang terbatas, bakteri pengurai akan menghasilkan senyawa pengurai seperti ammonia dan nitrit yang bersifat racun buat ikan dan udang (Hakim, 2008).

Menurut Salmin (2005), menyatakan bahwa oksigen menentukan biologis yang dilakukan oleh organisme aerob atau anaerob. Dalam keadaan aerob, peranan oksigen adalah untuk mengoksidasi bahan organik maupun anorganik dengan hasil akhirnya adalah nutrisi yang akhirnya dapat memberikan kesuburan perairan. Dalam kondisi anaerob, oksigen yang dihasilkan akan mereduksi senyawa-senyawa kimia menjadi lebih sederhana dalam bentuk nutrisi dan gas. Sebagaimana diketahui bahwa oksigen berperan sebagai

pengoksidasi dan pereduksi bahan kimia beracun menjadi senyawa lain yang lebih sederhana dan tidak beracun.

Di tambak, oksigen berfungsi sebagai pengoksidasi bahan organik yang ada di dasar tambak. Batas minimum kandungan oksigen di tambak yaitu 3 ppm atau 3 mg/l. Kandungan oksigen di dalam air yang dianggap terbaik bagi budidaya udang adalah 5-10 ppm. Laju respirasi terlihat tetap pada batas kelarutan oksigen 3-4 ppm pada suhu 20-30°C (Kordi, 2010).

4.2.6 Biological Oxygen Demand (BOD)

BOD atau *Biological Oxygen Demand* adalah suatu karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme (biasanya bakteri) untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik menjadi karbondioksida (CO₂) dan air (Hariyadi, 2004).

Perhitungan data pengukuran potensi degradasi bakteri *B. firmus* terhadap terhadap BOD dapat dilihat pada Lampiran 14. Nilai BOD sebelum dan sesudah pemberian bakteri *B. firmus* pada masing-masing perlakuan, diketahui bahwa *B. firmus* memiliki potensi dalam memanfaatkan oksigen untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi anaerob dari sedimen tambak udang. Besarnya potensi *B. firmus* terhadap BOD dapat dilihat pada Tabel 22 berikut.

Tabel 22. Hasil Pengukuran Laju Peningkatan (ppm/jam) Bakteri *B. firmus* Terhadap BOD dari Sedimen Tambak Udang

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	Standar Deviasi
	1	2	3			
A = 10 ⁴ sel/ml	0,04063	0,05083	0,04021	0,13167	0,04389	0,00602
B = 10 ⁵ sel/ml	0,04063	0,04458	0,04521	0,13042	0,04347	0,00249
C = 10 ⁶ sel/ml	0,04875	0,05125	0,06792	0,16792	0,05597	0,01042
D = 10 ⁷ sel/ml	0,06125	0,07708	0,06542	0,20375	0,06792	0,00821
Total				0,63375		
K = Kontrol	0,02854	0,01646	0,01979	0,06479	0,0216	0,00624

Berdasarkan sidik ragam potensi bakteri *B. firmus* terhadap BOD dari sedimen tambak udang menunjukkan adanya pengaruh berbeda sangat nyata (*highly significant*) antar perlakuan, seperti terlihat pada Tabel 23 berikut.

Tabel 23. Sidik Ragam Potensi bakteri *B. firmus* Terhadap BOD dari Sedimen tambak Udang

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	0,00121	0,0004	7,4202**	3,48	5,90
Acak	8	0,00044	0,000055			
Total	11	0,00165				

Keterangan : ** = Berbeda Sangat Nyata

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa pemberian *B. firmus* memberikan pengaruh berbeda sangat nyata (*highly significant*) terhadap nilai BOD dari sedimen tambak udang. Hal ini ditunjukkan dengan F hitung yang lebih besar dari F 1% dan F 5% yang berarti kepadatan *B. firmus* sangat berpengaruh terhadap penurunan nilai BOD dari sedimen tambak udang. Untuk mengetahui tingkat perbedaan dari masing-masing perlakuan maka dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 0,05 dan 0,01. BNT 5% yang didapat sebesar 0,01344, BNT 1% sebesar 0,01912 dengan SED sebesar 0,00603. Uji BNT dapat dilihat pada Tabel 24 berikut.

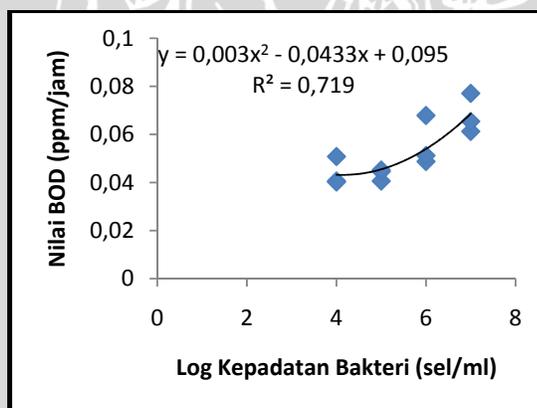
Tabel 24. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Potensi bakteri *B. firmus* Terhadap BOD dari Sedimen tambak Udang (ppm/jam)

Rata-rata Perlakuan	B = 0,04347	A = 0,04389	C = 0,05597	D = 0,06792	Notasi
B = 0,04347	-	-	-	-	a
A = 0,04389	0,0004 ^{ns}	-	-	-	a
C = 0,05597	0,0125 ^{ns}	0,0120 ^{ns}	-	-	a
D = 0,06792	0,0244**	0,0240**	0,0119 ^{ns}	-	ab

Berdasarkan hasil uji BNT, potensi degradasi bakteri *B. firmus* terhadap BOD pada perlakuan B (10^5 sel/ml), A (10^4 sel/ml) dan C (10^6 sel/ml) memberikan hasil tidak berbeda nyata dengan notasi a. Sedangkan pada

perlakuan D (10^7 sel/ml) pemberian *B. firmus* memberikan hasil berbeda nyata dalam mendegradasi BOD dengan notasi ab.

Untuk mengetahui hubungan antar perlakuan kepadatan bakteri *B. firmus* dengan nilai BOD yang terkandung dalam sedimen tambak udang maka digunakan analisa regresi. Bentuk regresi yang digunakan adalah bentuk kuadratik dan didapatkan persamaan $y=0,003x^2-0,0433x+0,095$. Koefisien determinasi yang didapatkan yaitu (R^2) sebesar 0,719 artinya 71,9% nilai BOD yang dalam sedimen tambak udang dipengaruhi oleh kepadatan bakteri *B. firmus* yang diberikan. Koefisien korelasi (r) didapatkan sebesar 0,847 (mendekati 1) yang artinya kepadatan bakteri *B. firmus* dan nilai BOD yang dihasilkan memiliki korelasi yang sangat tinggi. Adapun grafik hubungan antara kepadatan *B. firmus* dengan BOD dalam sedimen tambak udang disajikan pada Gambar 16 berikut.



Gambar 16. Hubungan Antara Kepadatan Bakteri *B. firmus* (x) dengan Nilai BOD dalam Sedimen Tambak Udang (y)

Titik puncak grafik di atas terdapat pada $[(X = 7,21);(Y = 0,0612)]$ yang menunjukkan bahwa penambahan *B. firmus* dengan kepadatan 7,21 memiliki kemampuan tertinggi dalam mendegradasi BOD dari sedimen tambak udang, yaitu 0,0612 ppm/jam.

Potensi degradasi bakteri *B. firmus* terhadap BOD memberikan pengaruh nyata yang terdapat pada sedimen tambak udang. Potensi degradasi terbaik bakteri *B. firmus* terhadap BOD terdapat pada perlakuan D (10^7 sel/ml) yaitu 0,06792 ppm/jam. Selanjutnya, perlakuan C (10^6 sel/ml) memiliki potensi terhadap BOD sebesar 0,05597 ppm/jam. Perlakuan A (10^4 sel/ml) memiliki potensi terhadap BOD dalam sedimen tambak sebesar 0,04389 ppm/jam, sedangkan perlakuan B (10^5 sel/ml) sebesar 0,04347 ppm/jam. Perlakuan K (10^0 sel/ml) memiliki potensi terhadap BOD yang paling sedikit yaitu 0,0216 ppm/jam.

Kepadatan terbaik bakteri *B. firmus* 10^7 sel/ml terhadap BOD menunjukkan potensi dalam memanfaatkan oksigen dari tambak udang. Hasil yang didapatkan dalam penelitian ini menunjukkan pemanfaatan oksigen yang dibutuhkan untuk proses degradasi bahan organik, berpengaruh terhadap kepadatan bakteri yang diberikan. Berdasarkan data yang didapatkan bakteri dengan kepadatan 10^7 sel/ml membutuhkan oksigen lebih besar dibandingkan dengan perlakuan kepadatan yang lain. Diduga bahwa semakin tinggi kandungan bahan organik maka semakin banyak pula BOD yang dimanfaatkan oleh bakteri untuk mendegradasi bahan organik.

Dengan kepadatan bakteri yang tinggi (10^7 sel/ml), maka hal yang mungkin terjadi adalah persaingan bakteri dalam pemanfaatan oksigen dan nutrisi yang akhirnya oksigen dan nutrisi semakin berkurang sehingga banyak bakteri yang mati. Hal ini juga yang menyebabkan penurunan potensi bakteri dalam pemanfaatan oksigen dalam hal ini adalah kandungan BOD dalam perairan. Menurut Jenie dan Rahayu (1993) dalam Kurniawan (2010), rendahnya kadar oksigen dapat berpengaruh terhadap fungsi biologis dan lambatnya pertumbuhan, bahkan dapat mengakibatkan kematian. Untuk mempertahankan sistem aerob pada mikroba diperlukan konsentrasi oksigen terlarut minimum antara 0,2 dan 0,6 mg/l. Menurut Effendi (2003), dekomposisi bahan organik dan

oksidasi bahan organik dapat mengurangi kadar oksigen terlarut hingga mencapai nol (anaerob).

Potensi bakteri *B. firmus* dalam memanfaatkan BOD pada media sedimen tambak udang menunjukkan bahwa *B. firmus* mampu bertahan dan mendegradasi bahan organik pada kondisi lingkungan dengan oksigen yang rendah bahkan mendekati nilai minimum karena memiliki sifat anaerob fakultatif. Menurut Prayogo (2009), berdasarkan kebutuhannya terhadap oksigen, *Bacillus* spp. merupakan jenis aerob (hanya tumbuh bila ada oksigen bebas) atau anaerob fakultatif (tumbuh baik, ada atau tanpa oksigen bebas).

Faktor-faktor yang mempengaruhi BOD adalah jenis , suhu air, derajat keasaman (pH), kondisi air secara keseluruhan. Jenis akan menentukan besar kecilnya BOD, apakah tersebut mudah membusuk atau tidak. Semakin mudah terjadi pembusukan atau perombakan, maka BOD akan semakin besar (Rokhma, 2011).

4.2.7 Suhu (°C)

Suhu merupakan salah satu faktor lingkungan yang mempengaruhi kehidupan bakteri. Di dalam reaksi kimia kenaikan suhu akan menaikkan kecepatan reaksi. Biasanya tiap kenaikan 10°C dapat mempercepat reaksi antara 2-3 kali lipat. Oleh karena itu, kenaikan suhu pada batas tertentu dapat mempercepat proses metabolisme (Suriawiria, 1993).

Hasil pengukuran suhu sebelum dan sesudah pemberian bakteri *B. firmus* mengalami perubahan atau penurunan, dapat dilihat bahwa suhu sebelum pemberian bakteri *B. firmus* pada media sedimen tambak berkisar antara 24,73-25,33°C. Suhu terendah terdapat pada kepadatan bakteri 10⁴ sel/ml yaitu sebesar 24,73°C, sedangkan suhu terbaik pada kepadatan bakteri 10⁵ sel/ml yaitu sebesar 25,33°C. Setelah pemberian bakteri *B. firmus* kisaran nilai suhu

antara 25,5-26,46^oC. Suhu terendah terdapat pada kontrol yaitu sebesar 25,5^oC, sedangkan suhu terbaik terdapat pada kepadatan bakteri 10⁷ sel/ml yaitu sebesar 26,46^oC. Data pengukuran suhu dapat dilihat pada Lampiran 11.

Menurut Fajriana (2008), *Bacillus* tumbuh di berbagai mesofilik suhu berkisar antara 25-35^oC. Menurut Suriawira (1993), mikroorganisme mesofil adalah golongan mikroorganisme yang mempunyai temperatur terbaik pertumbuhan antara 25-37^oC, minimum 15^oC dan maksimum di antara 55^oC. Dengan demikian, suhu pada media sedimen tambak udang merupakan kisaran suhu yang terbaik untuk pertumbuhan bakteri *B. firmus*.

Suhu juga mempengaruhi laju pertumbuhan dan jumlah total pertumbuhan organisme. Keragaman suhu dapat juga mengubah proses-proses metabolik tertentu serta morfologi sel (Pelczar dan Chan, 2005). Aktivitas mikroorganisme memerlukan suhu terbaik yang berbeda-beda. Akan tetapi, proses dekomposisi biasanya terjadi pada kondisi udara hangat. Kecepatan dekomposisi meningkat pada kisaran suhu 5-35^oC (Effendi, 2003).

4.2.8 Derajat Keasaman (pH)

Nilai pH pada sedimen tambak udang mengalami perubahan atau penurunan sebelum dan sesudah pemberian bakteri *B. firmus*. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai pH sebelum pemberian bakteri *B. firmus* pada media sedimen tambak berkisar antara 8-8,06. Nilai pH terendah terdapat pada kepadatan bakteri 10⁴ sel/ml dan 10⁷ sel/ml yaitu sebesar 8, sedangkan nilai terbaik terdapat pada kontrol dan kepadatan bakteri 10⁶ sel/ml yaitu sebesar 8,06. Nilai pH setelah pemberian bakteri *B. firmus* pada media sedimen tambak berkisar antara 7,23-7,3. Nilai pH terendah terdapat pada kepadatan bakteri 10⁴ sel/ml dan 10⁶ sel/ml yaitu sebesar 7,23, sedangkan nilai terbaik terdapat pada

kepadatan bakteri 10^7 sel/ml yaitu sebesar 7,3. Data pengukuran suhu dapat dilihat pada Lampiran 12.

pH terbaik pertumbuhan bagi kebanyakan bakteri terletak antara 6,5 dan 7,5 (Pelczar dan Chan, 2005). Pada umumnya bakteri tumbuh dengan baik pada pH sekitar 7,0 meskipun dapat tumbuh pada kisaran pH 5,0-8,0 (Lay, 1994).

pH air mempengaruhi tingkat kesuburan perairan karena mempengaruhi kehidupan jasad renik. Perairan asam akan kurang produktif, malah dapat membunuh hewan budidaya. Pada pH rendah (keasaman yang tinggi) kandungan oksigen terlarut akan berkurang, sebagai akibatnya konsumsi oksigen menurun, aktivitas pernapasan naik dan selera makan akan berkurang. Hal yang sebaliknya terjadi suasana basa. Atas dasar ini, maka usaha budidaya perairan akan berhasil baik dalam air dengan pH 6,5-9,0, dan kisaran optimal adalah pH 7,5-8,7 (Kordi, 2010). Dengan demikian, berdasarkan hasil pengukuran pH, media sedimen tambak udang masih termasuk ke dalam pH terbaik untuk pertumbuhan bakteri termasuk *B. firmus*.

4.2.9 Salinitas (ppt)

Salinitas dapat didefinisikan sebagai total konsentrasi ion-ion terlarut dalam air. Dalam budidaya perairan, salinitas dinyatakan dalam permil ($^0/_{\infty}$) atau ppt (gram/liter). Tujuh ion utama yaitu sodium, potasium, kalium, magnesium, klorida, sulfat dan bikarbonat mempunyai kontribusi besar terhadap besarnya salinitas, sedangkan yang lain dianggap kecil (Boyd, 1986).

Nilai salinitas pada sedimen tambak udang mengalami perubahan atau penurunan sebelum dan sesudah pemberian bakteri *B. firmus*. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai salinitas sebelum pemberian bakteri *B. firmus* pada media sedimen tambak berkisar antara 0,16-0,23 ppt. Nilai salinitas terendah terdapat pada kepadatan bakteri 10^5 sel/ml yaitu sebesar 0,16 ppt, sedangkan

nilai terbaik terdapat pada kontrol, kepadatan bakteri 10^6 sel/ml dan kepadatan bakteri 10^7 sel/ml yaitu sebesar 0,23. Nilai salinitas setelah pemberian bakteri *B. firmus* pada media sedimen tambak berkisar antara 0,1-0,16 ppt. Nilai salinitas terendah terdapat pada kepadatan bakteri 10^5 sel/ml dan 10^7 sel/ml yaitu sebesar 0,1 ppt, sedangkan nilai salinitas terbaik terdapat pada kontrol atau tanpa pemberian bakteri (10^0 sel/ml) yaitu sebesar 0,16 ppt. Data pengukuran suhu dapat dilihat pada Lampiran 13.

Salinitas berkisar antara 11-11,4 ppt, hal ini disesuaikan dengan kondisi pada saat pengambilan sampel di perairan tambak. Ugang vannamei dapat hidup pada salinitas 0,1-60 ppt (dapat tumbuh optimal pada 15-25 ppt). baru-baru ini udang vannamei bahkan dapat dipelihara pada air tawar dengan hasil tidak jauh berbeda dengan yang tumbuh di habitatnya (Rouf, 2009).

Menurut Davis, *et al.* (2004), ion calcium (Ca), potasium (K), dan magnesium (Mg) merupakan ion yang paling penting dalam menopang tingkat kelulushidupan udang. Salinitas suatu perairan dapat ditentukan dengan menghitung jumlah kadar klor yang ada dalam suatu sampel (klorinitas). Sebagian besar petambak membudidayakan udang dalam air payau (15-30 ppt). Meskipun demikian, udang laut mampu hidup pada salinitas dibawah 2 ppt dan di atas 40 ppt.