The Application of Anaerobic Plastic Media Biofilter for Removal of Ammonia and Oil and Grease in Slaughterhouse Wastewater

Suarni¹⁾, Vera Viena^{2)*}, Irda Yunita³⁾

^{1,2,3} Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Serambi Mekkah
Jalan Tengku Imum LuengBata Batoh, Banda Aceh, Indonesia

*email: vera.agussalim@gmail.com

Article Info

Article history:

Received

06/14/2021

Received in revised

06/14/2021

Accepted

06/15/2021

Abstract

Slaughterhouse wastewater generally contains organic substances, fatty oils and ammonia which can cause pollution to the environment. This study aims to analyze the removal efficiency of ammonia, oil and grease and pH of the slaughterhouse wastewater from Banda Aceh using an anaerobic biofilter. The bioreactor was acclimatized for 30 days to form a biofilm layer before being used as a biofilter. The results showed a decrease in the oil and grease content and pH of the slaughterhouse wastewater after given 6 days contacted time. Ammonia parameter increased by 2.02%, while the efficiency of oil and grease and pH also increased by 96.667% and 30.927%, respectively. It can be concluded that the anaerobic plastic media biofilter has been able to reduce the oil grease content and pH of slaughterhouse below the quality standard, except for ammonia which exceeds the quality standard of Environmental Government Regulation no. 5 of 2014.

Keywords: *anaerobic biofilter, slaughterhouse wastewater, ammonia, oil and grease, wastewater standard quality*

Aplikasi Biofilter Anaerobik Bermedia Plastik Untuk Mengolah Amonia dan Minyak Lemak Pada Limbah Cair Rumah Pemotongan Hewan

Abstrak

Limbah cair Rumah Pemotongan Hewan (RPH) umumnya mengandung zat organik, minyak lemak dan amoniak yang dapat menyebabkan pencemaran bagi masyarakat sekitar. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa efisiensi pengolahan amoniak, minyak lemak dan pH limbah cair RPH kota Banda Aceh menggunakan biofilter anaerobik. Bioreaktor diaklimatisasi selama 30 hari untuk membentuk lapisan biofilm sebelum digunakan sebagai biofilter. Hasil penelitian menunjukkan penurunan kandungan minyak lemak dan pH limbah cair RPH setelah diberikan waktu kontak selama 6 hari. Parameter amoniak mengalami peningkatan sebesar 2,02%, sedangkan efisiensi minyak lemak dan pH juga meningkat secara berturut sebesar 96,667% dan 30,927%. Dapat disimpulkan bahwa biofilter anaerobik bermedia plastik bekas telah mampu menurunkan kadar minyak lemak dan pH limbah RPH dibawah baku mutu, kecuali amoniak yang melebihi baku mutu Peraturan Pemerintah Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014.

Kata kunci: biofilter anaerobic, limbah cair RPH, amoniak, minyak lemak, baku mutu air limbah

PENDAHULUAN

Rumah Pemotongan Hewan (RPH) adalah suatu bangunan atau komplek bangunan dengan desain dan konstruksi khusus yang memenuhi persyaratan teknis dan higienis tertentu serta digunakan sebagai tempat pemotongan hewan (Permen LH, 2006). Pengoperasian RPH seringkali menimbulkan pencemaran lingkungan berupa bau sehingga mengganggu warga setempat. Sumber utama pencemaran dari RPH adalah limbah cair yang terdiri dari *faeces* dan *urine*, darah, lemak, serta air bekas pencuci karkas. Limbah cair RPH jika tidak diproses dibuang langsung ke badan air dapat bertindak sebagai media pertumbuhan dan perkembangan mikroba sehingga limbah tersebut mudah mengalami proses dekomposisi atau pembusukan dan menimbulkan bau.

Sifat bau limbah disebabkan karena zat-zat organik yang telah terurai dalam limbah mengeluarkan gas-gas seperti sulfida dan amoniak yang menimbulkan bau tidak enak bagi penciuman disebabkan adanya campuran dari nitrogen, sulfur dan fosfor yang berasal dari pembusukan protein yang dikandung limbah. Timbulnya bau yang diakibatkan limbah merupakan suatu indikator bahwa terjadi proses alamiah. Dengan adanya bau ini akan lebih mudah mendeteksi adanya bahaya sehingga lebih mudah menghindarkan tingkat bahaya yang ditimbulkan (Budyono, 2010).

Limbah RPH juga mengandung minyak dan lemak. Minyak dan lemak ditemukan mengapung di atas permukaan air meskipun sebagian terdapat di bawah permukaan air. Minyak dan lemak merupakan senyawa ester dari turunan alkohol yang tersusun dari atom karbon, hidrogen dan oksigen. Lemak sukar

diuraikan oleh bakteri tetapi dapat dihidrolisa oleh alkali sehingga membentuk senyawa sabun yang mudah larut, namun hal ini menimbulkan permasalahan baru berupa dampak pencemaran kimia (Metcalf & Eddy, 2003).

Limbah cair yang dikeluarkan oleh RPH harus dilakukan pengolahan sebelum dibuang ke lingkungan agar pencemaran tidak melebihi baku mutu air limbah. Baku mutu air limbah bagi usaha dan atau kegiatan RPH berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 tahun 2014 diantaranya limbah cair memiliki kadar paling tinggi untuk BOD 100 mg/l, COD 200 mg/l, TSS 100 mg/l, minyak dan lemak 15 mg/l, NH₃-N 25 mg/l, dan pH 6-9 (KLHK, 2017). Salah satu usaha untuk mengatasi tingginya polutan dalam limbah cair RPH yaitu dengan memanfaatkan sistem biofilter anaerob ataupun aerob. Biofilter adalah sistem pengolahan air limbah dengan memanfaatkan mikroorganisme yang tumbuh dan berkembang terlekat secara biologi. Media untuk biofilter dapat berupa pecahan batu, batu bata, kerikil, pasir, arang bakau, sabut kelapa, atau media plastic bekas.

Penelitian oleh (Al Kholif & Ratnawati, 2017) menyimpulkan bahwa penggunaan biofilter bermedia batu apung menghasilkan efisiensi penyisihan kandungan amonia melebihi 95% pada beban hidrolik media 0,006 m³/m²media.hari. Sedangkan penelitian oleh (Darmayasa, 2012) memberikan salah satu alternatif untuk menurunkan nilai minyak dan lemak pada RPH yaitu dengan mengisolasi mikroba pendegradasi lemak sehingga dapat digunakan untuk menguraikan minyak dan lemak yang ada pada limbah RPH.

Penelitian ini merupakan lanjutan penelitian kami sebelumnya penyisihan kandungan organik limbah RPH (Saputra & Viena, 2020). Namun kesempatan ini dikaji aplikasi biofilter dengan media plastic sedotan plastik bekas dengan system anaerobic untuk menurunkan kadar minyak lemak, amoniak dan pH pada limbah cair RPH sebelum dibuang ke badan air. Diharapkan rangkaian biofilter anerobik ini dapat menurunkan kualitas limbah RPH sesuai baku mutu dan dapat diaplikasikan juga pada pengolahan limbah industry lainnya dengan karakteristik kadar organik tinggi.

METODE PENELITIAN

Alat penelitian berupa rangkaian Bioreaktor yang terdiri dari:

(1) Tangki ekualisasi, untuk pengendapan limbah RPH selama 24 jam; (2) Biofilter anaerobik, untuk pengolahan limbah RPH secara biofilm melekat yang diisi media sedotan plastik bekas (diameter 0,5 cm) yang telah dicuci bersih dan disusun miring (45°) dalam reactor. Biofilter dibuat berukuran 60 x 60 cm x 50 cm dengan volume efektif 180 liter; (3) Tangki penampung effluent limbah.

Metode penelitian ini dimodifikasi dari (Said & Yudo, 2018). Pendekatan penelitian yang digunakan adalah pendekatan deskriptif analitik yaitu metode yang digunakan untuk pemecahan masalah atau fenomena-fenomena yang terjadi pada masa sekarang melalui langkah-langkah pengumpulan, penyusunan, penjelasan, dan penganalisaan data yang umum menuju data yang khusus (Sugiyono, 2015).

Bahan limbah cair diperoleh dari inlet Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) RPH Kota Banda Aceh. Peta lokasi

UPTD RPH Banda Aceh ditampilkan pada Gambar 1.

Gambar 1. Peta lokasi UPTD RPH Kota Banda Aceh. Sumber: Google Map (2021).

Limbah dari inlet dikumpulkan di dalam tangki penampung 50 Liter untuk dilakukan penyaringan dan proses ekualisasi dilakukan selama 24 jam. Selanjutnya limbah cair dialirkan ke reaktor biofilter anaerobik bermedia sedotan plastik yang telah dirancang dengan aliran dari atas ke bawah. Tahapan kegiatan penelitian adalah sebagai berikut:

- (a) Melakukan identifikasi awal karakteristik limbah cair RPH Kota Banda aceh dengan menganalisa parameter amoniak, minyak lemak dan pH;
- (b) Melakukan tahap *start up* untuk menumbuhkan mikroorganisme pada media sedotan plastic bekas yang dipasang miring dalam biofilter anaerob selama 30 hari.

Pada penelitian ini, bioreaktor terlebih dahulu disiapkan dengan cara menambahkan limbah cair yang berasal dari RPH Banda Aceh dengan Waktu Tinggal Hidrolik (WTH) selama 30 hari untuk pengembangbiakan dan sebagai umpan (*feeding*) mikroba anaerob

pada media sarang tawon. Proses adaptasi dan perkembangbiakan menyebabkan mikroba dapat tumbuh dan melekat pada media sarang tawon, yang akan mendukung unjuk kerja dari bioreaktor anaerob.

- (c) Memasukkan limbah cair RPH kedalam bak ekualisasi untuk mengendapkan kandungan organik limbah.
- (d) Melakukan penggantian limbah cair RPH ke dalam bioreaktor anaerob selama 6 hari waktu kontak;
- (e) Melakukan pengambilan sampel uji pada hari ke 0, 2, 4, dan 6 selama proses pengolahan dengan biofilter anaerobik;
- (f) Menganalisa hasil pengujian sampel terhadap efisiensi penurunan konsentrasi amoniak, minyak lemak dan pH limbah RPH.

Analisa amoniak dan minyak lemak dilakukan di Laboratorium Analisis Kimia Fakultas MIPA Unsyiah. Sedangkan analisa pH dilakukan di Laboratorium Lingkungan USM. Data penurunan kadar amoniak, minyak lemak dan pH akan disajikan dalam bentuk grafik sebagai acuan dalam prosentase penguraian limbah RPH.

Analisa Data

Analisa amoniak dalam limbah cair dilakukan berdasarkan (Apriyanti et al., 2013) dengan merujuk kepada SNI 06-6989.30-2005; Analisa minyak lemak dilakukan dengan menggunakan standar (Badan Standardisasi Nasional, 2011) SNI 6989.10:2011. Dan analisa pH dilakukan menggunakan alat pHmeter *handheld* merek Hanna.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Karakteristik Limbah Cair Rumah Pemotongan Hewan (RPH)

Limbah utama dari RPH berasal dari penyembelihan, pemindahan, pembersihan rambut, pengaturan, pemrosesan, dan pembersihan. Berdasarkan hasil uji amoniak, minyak lemak dan pH karakteristik limbah cair di Inlet dan Outlet RPH diperoleh data yang ditambahkan pada Tabel 1. Data inlet berasal dari analisa limbah cair langsung dari hasil pemotongan hewan. Sedangkan data outlet berasal dari hasil pengolahan limbah cair menggunakan sistem IPAL Bioreaktor Anaerob yang terdapat di RPH.

Berdasarkan Tabel 1. Hasil analisa parameter minyak lemak dan pH pada bagian inlet dan outlet IPAL RPH telah melebihi baku mutu limbah cair untuk kegiatan Rumah Pemotongan Hewan yang ditetapkan oleh pemerintah (PermenLH No. 05 Tahun 2014). Sedangkan Amoniak pada inlet meningkat dari 192,75 mg/ menjadi 306,97 mg/L pada outlet IPAL sehingga melebihi dari nilai baku mutu yaitu 25 mg/L.

Tabel 1. Hasil analisa Amoniak, minyak lemak pH pada inlet dan outlet IPAL RPH

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa				Efisiensi Biofilter			
			Hari 0 (ekualisasi)	Hari 2	Hari 4	Hari 6	Hari 0 (ekualisasi)	Hari 2	Hari 4	Hari 6
1	Amoniak	mg/L	297	297,8	299	303	0	0,269	0,673	2,02
2	Minyak Lemak	mg/L	10,2	5,75	2,18	0,34	0	43,627	78,627	96,667
3	pH	-	9,7	7,5	6,5	6,7	0	22,680	32,990	30,927

Hal ini disebabkan oleh tidak beroperasinya secara maksimal unit-unit pengolahan aerob-anaerob bermedia sarang tawon pada IPAL RPH Kota Banda Aceh. Selain itu adanya kandungan organik tinggi

yang masuk ke dalam unit pengolahan tanpa penambahan pengenceran air dapat menghambat pertumbuhan bakteri nitrogen pengurai bahan organik dan beralih kepada terbentuknya gas amoniak.

Gas amoniak terbentuk dari hasil oksidasi mikroba anaerob terhadap protein dan asam amino yang terkandung dalam air (Permen LH, 2006). Jumlah amoniak yang terkandung di dalam limbah cair bisa digunakan untuk memprediksi lamanya usia limbah cair. Semakin tinggi angka amoniak yang tersedia dalam limbah cair maka semakin lama usia limbah cair tersebut.

Unjuk Kerja Biofilter Anaerobik Dalam Menyisihkan Kadar Amoniak, Minyak Lemak dan pH

Setelah bioreaktor berstatus siap pakai atau tunak (*steady state*), maka kinerja bioreaktor dianalisa dengan cara memberikan waktu kontak selama 6 hari antara mikroorganisme melekat dengan limbah cair RPH. Pemantauan dilakukan secara rutin setiap harinya dengan pengambilan data pada hari ke 0, 2, 4, dan 6. Sampel limbah cair RPH yang disisihkan tersebut digunakan untuk menganalisa unjuk kerja dari bioreaktor anaerob bermedia sedotan plastik bekas. Unjuk kerja dibuktikan dengan perubahan parameter pencemar limbah cair RPH Banda Aceh berdasarkan waktu kontak yang diberikan. Pada Tabel 2. Ditabulasikan hasil analisa efisiensi biofilter pada variasi waktu kontak. Penggunaan waktu kontak selama 6 hari diharapkan dapat mengurangi semua kandungan amoniak dan minyak lemak dalam limbah RPH.

Tabel 2. Hasil analisa dan efisiensi biofilter

No	Parameter Uji	Persyaratan Mutu	Satuan	Hasil Uji		Baku Mutu ⁺
				Inlet RPH	Outlet RPH	
1	Amoniak	SNL.06.6989.30.2005	mg/l	192,75	306,97	25
2	Minyak Lemak	SNL.06.6989.10.2011	mg/l	4,0	1,6	15
3	pH	-	-	9,0	5,5	6-9

Pada Tabel 2. Ditunjukkan bahwa terjadi perubahan pada control 0 hari dibandingkan data inlet IPAL RPH setelah diberikan perlakuan ekualisasi selama 24 jam. Hal ini disebabkan oleh kandungan organik dalam limbah setelah ekualisasi telah mengalami proses aerasi alami sehingga mikroorganisme aerobik mulai terbentuk dan endapan organik telah menurun sebagian, namun kandungan amoniak masih jauh melebihi baku mutu dan meningkat sebesar 2,02% dari nilai awal 297 mg/L menjadi 303 mg/L setelah 6 hari waktu kontak. Dengan demikian, maka tingkat amoniak dalam limbah cair RPH Kampung Pande Banda Aceh masih memerlukan pengolahan dan waktu kontak yang lebih lama antara biofilm pada permukaan media plastik bekas dan limbah cair agar dapat menurunkan gas amoniak penyebab bau.

Perlakuan aklimatisasi sebagai start up pembentukan lapisan biofilm selama 30 hari terbukti masih belum mampu meningkatkan ketebalan biofilm pada media plastik sedotan. Berdasarkan pengamatan harian diketahui bahwa lapisan biofilm yang terbentuk pada permukaan media sedotan plastik berupa lapisan hijau tipis dan berlendir. Lapisan biofilm ini terus berubah warna menjadi menghitam sejalan dengan waktu kontak dan terus timbulnya buih dan busa selama proses pengolahan limbah cair dengan

biofilter anerobik. Efektifitas media biofilter menjadi terhambat dengan tebalnya busa dan buih yang terbentuk sehingga hanya dapat menguraikan minyak lemak dan pH. Tetapi tidak dapat menurunkan kandungan amoniak secara anaerobic.

Jadi berdasarkan hasil evaluasi kinerja aplikasi biofilter anaerobic dalam menyisihkan ammonia masih belum berjalan dengan baik. Diantaranya disebabkan oleh inkonsistensi dalam penambahan laju alir influent yang semi kontinyu per 2 hari. Hal ini diperkuat dengan kajian ilmiah yang dilakukan oleh (Chaudhary et al., 2003), bahwa aktivitas biologis didalam biofilter sangat dipengaruhi oleh konsistensi konsentrasi limbah organik yang masuk ke system dalam periode waktu tinggal yang lama. Sangat disarankan bahwa biofilter dioperasikan pada kondisi yang tetap agar filter media dapat beradaptasi mencapai tingkat optimum efisiensi penyisihan organik yang konsisten pula.

Selain itu, analisa hasil minyak lemak pada inlet pada kontrol 0 hari juga berubah dari data inlet IPAL dan meningkat dari 4 mg/L menjadi 10,2 mg/L setelah perlakuan ekualisasi. Pengolahan limbah cair dengan Biofilter bermedia sedotan plastic telah mampu menurunkan minyak lemak dari 10,2 mg/L menjadi 0,34 mg/L setelah waktu kontak 6 hari, atau sebesar 96,667 % efisiensi. Hal ini disebabkan oleh keberhasilan dalam menurunkan pH limbah sesuai dengan pH pertumbuhan mikroba pengurai minyak lemak sehingga efisiensi tertinggi media biofilter diperoleh pada parameter minyak lemak.

Parameter pH dan suhu berperan aktif dalam menentukan keberhasilan sebuah biofilter anaerobic dalam

menyisihkan kadar amoniak. pH optimum untuk terjadinya proses denitrifikasi adalah dalam kisaran 6,5-7,5. pH kisaran netral ini memberikan susasan yang nyaman dan aman bagi metabolisme dan pertumbuhan bakteri pengurai organik.

Berdasarkan penelitian (Farahdiba, 2019) terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi penyisihan amoniak dalam biofilter anaerobic, diantaranya laju alir limbah, ketinggian media biofilter, suhu, pH dan ketebalan biofilm. Semakin lambat laju alir yang masuk kedalam unit biofilter maka semakin lama waktu kontak antara mikroba biofilm dengan limbah cair RPH. Variasi ketinggian media dan ketebalan biofilm juga memberikan waktu kontak yang lebih lama untuk terjadinya penyerapan kadar amoniak dan terbentuknya proses denitrifikasi bagi penguraian organik limbah RPH.

Hasil penelitian biofilter anaerobic bermedia sedotan plastic ini masih belum mampu menguraikan amoniak sesuai baku mutu, namun telah dapat meningkatkan efisiensi penyisihan minyak lemak dan pH secara signifikan. Untuk itu diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengkaji faktor-faktor yang menghambat pertumbuhan biofilm dan meningkatkan upaya peningkatan pembentukan mikroba denitrifikasi didalam biofilter anaerobic. Salah satunya adalah dengan menambah faktor pengenceran, pengurangan kadar organik limbah dengan penambahan unit-unit pretreatment dan penambahan nutrisi bagi mikroba denitrifikasi agar tumbuh aman dan nyaman. Selain itu disarankan untuk mengkombinasikan unit-unit pengolahan limbah cair aerobik-anaerobik biofilter dengan system resapan tumbuhan air atau surface wetland sehingga hasil pengolahan amoniak dari limbah cair RPH yang diolah sesuai baku mutu.

KESIMPULAN

Aplikasi biofilter anaerobik bermedia sedotan plastic bekas telah mampu menyisihkan minyak lemak dan pH air limbah RPH sesuai baku mutu, namun masih belum mampu menurunkan kadar amoniak limbah RPH. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya konsentrasi kadar organik limbah cair, inkonsistensi laju alir limbah yang masuk, dan pengaruh ketebalan biofilm pada media biofilter.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penghargaan yang setinggi-tingginya kami ucapkan kepada mahasiswa Teknik Lingkungan Letting 2013 dan 2014 yang telah banyak membantu dalam survey lapangan dan pengambilan sampel limbah RPH. Juga terima kasih kami kepada Laboran FMIPA Unsyiah dan Laboran Teknik Lingkungan USM yang telah memfasilitasi analisa data dan karakterisasi limbah RPH sehingga penelitian ini dapat selesai dengan baik.

DAFTAR RUJUKAN

- Al Kholif, M., & Ratnawati, R. (2017). Pengaruh Beban Hidrolik media Dalam menurunkan Senyawa Ammonia Pada Limbah Cair Rumah Potong Ayam (RPA). *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*. <https://doi.org/10.36456/waktu.v15i1.426>.
- Apriyanti, D., Indria Santi, V., & Dianinayati Siregar, Y. (2013). Pengkajian Metode Analisis Amonia Dalam Air Dengan Metode Salicylate Test Kit. *Jurnal Ecolab*. <https://doi.org/10.20886/jklh.2013.7.2.60-70>.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *SNI 6989.10:2011 Air dan air limbah -*

Bagian 10 : Cara uji minyak nabati dan minyak mineral secara gravimetri.

- Budiyono, A. (2010). Pencemaran Udara : Dampak Pencemaran Udara Pada Lingkungan. *Dirgantara*.
- Chaudhary, D. S., Vigneswaran, S., Ngo, H. H., Shim, W. G., & Moon, H. (2003). Biofilter in Water and Wastewater Treatment. *Korean Journal of Chemical Engineering*. <https://doi.org/10.1007/BF02706936>
- Darmayasa, D. (2012). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pendegradasi Lipida (Lemak) Pada Beberapa Tempat Pembuangan Limbah Estuari Dam Denpasar. *Bumi Lestari*.
- Farahdiba, A. U. (2019). Penurunan Ammonia Pada Limbah Cair Rumah Pemotongan Hewan (Rph) Dengan Menggunakan Upflow Anaerobic Filter. *Jurnal Envirotek*, 11(1). <https://doi.org/10.33005/envirotek.v11i1.1396>
- KLHK. (2017). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.16/Menlhk/Setjen/Kum.1/4/2019 Tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah. *Journal of Chemical Information and Modeling*.
- Metcalf, W., & Eddy, C. (2003). Metcalf and Eddy Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse McGraw Hill. New York, NY*.
- Permen LH, P. L. (2006). *Salinan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 02 Tahun 2006* (p. 02).

-
- Said, N. I., & Yudo, S. (2018). Rancang Bangun Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Hewan (RPH) Ayam Dengan Proses Biofilter. *Jurnal Air Indonesia*.
<https://doi.org/10.29122/jai.v2i1.2294>
- Saputra, M., & Viena, V. (2020). Efektivitas Biofilter Dari Media Sedotan Plastik Untuk Penyisihan Limbah Cair Rumah Potong Hewan Kota Banda Aceh The Effectiveness Of Pipettes Waste Biofilter Media For The Removal Of Slaughterhouse Wastewater In Banda Aceh. *Jurnal TEKSAGRO*, 1(2), 30–38.
- Sugiyono. (2015). Metode Penelitian dan Pengembangan Pendekatan Kualitatif, Kuantitatif, dan R&D. *Metode Penelitian Dan Pengembangan Pendekatan Kualitatif, Kuantitatif, Dan R&D*.