

## PRARANCANGAN PABRIK ETILEN DARI DEHIDRASI ETANOL KAPASITAS PRODUKSI 300.000 TON/TAHUN

Dwiki Hermawan<sup>1</sup>, Muhammad Sanusi\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat  
Jalan A. Yani KM 35, Kampus ULM Banjarbaru, Kalimantan Selatan

\*Corresponding Author: [dwikiherm@gmail.com](mailto:dwikiherm@gmail.com)

### Abstrak

*Etilen merupakan senyawa yang tersusun dari unsur hidrogen dan karbon atau hidrokarbon olefin yang paling ringan dengan berat molekul 28,054. Pada suhu kamar etilen berupa gas tidak berwarna, mudah terbakar, sedikit berbau wangi. Etilen banyak digunakan di dalam industri, terutama industri polimer, karena selama ini Indonesia masih mengimport etilen dari negara lain dalam jumlah yang cukup banyak. Selain untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, untuk itu diambil Kapasitas 300.000 Ton/Tahun. Sebagai bahan baku pembuatan etilen digunakan etanol dengan kemurnian  $\pm 95\%$ , yang sudah dapat diperoleh dari dalam negeri. Adapun dipilih lokasi di daerah Banten, karena dekat dengan sumber bahan baku dan juga konsumen.*

*Etilen terbentuk dari etanol yang mengalami dehidrasi pada suhu  $450^{\circ}\text{C}$  dan tekanan 1 atm. Reaksi dehidrasi etanol menjadi etilen merupakan reaksi endothermis dan untuk menjaga suhu reaksi digunakan steam sebagai sumber panas. Reaktor yang digunakan adalah fixed bed multitube reactor menghasilkan etilen dan air. Pemurnian Etilen hasil reaksi dilakukan di dalam Menara Distilasi. Etilen yang dihasilkan mempunyai kemurnian 99,95 %. Adapun kebutuhan untuk utilitas yang diperlukan terdiri dari sumber air yang diambil dari air waduk sebanyak 574490.7870 kg/jam. Sedangkan kebutuhan listrik untuk operasional pabrik sebesar 14,7138 kWatt disuplai dari PLN setempat dengan cadangan 2 buah generator yang berkekuatan 1500 kW. Bahan bakar untuk generator tersebut dipakai diesel oil sebanyak 20,5142 L/jam.*

*Berdasarkan hasil analisa ekonomi, didapat nilai return on invesment (ROI) sesudah pajak untuk pabrik ini adalah sebesar 20%, pay out time (POT) sesudah pajak sebesar 3,6 tahun. Sedangkan kapasitas break event point (BEP) adalah 46%, dan kapasitas shut down point (SDP) adalah 22%. Nilai-nilai tersebut menunjukkan bahwa layak untuk dipertimbangkan pendiriannya dan dapat diteruskan ke tahap perencanaan pabrik.*

**Kata kunci :** Etilen, etanol, dehidrasi.

### 1. Pendahuluan

Etilen merupakan senyawa yang tersusun dari unsur hidrogen dan karbon atau hidrokarbon olefin yang paling ringan dengan berat molekul 28,054. Pada suhu kamar etilen berupa gas tidak berwarna, mudah terbakar, sedikit berbau wangi. Sifat kimia etilen ditentukan dari ikatan rangkapnya yang bereaksi terutama secara adisi menghasilkan hidrokarbon jenuh dan turunannya serta polimer (Kirk and Othmer, 1954). Etilen disebut juga etana atau hidrogen bikarbonat yang mempunyai rumus molekul  $\text{C}_2\text{H}_4$ . Etilen dapat diperoleh melalui proses dehidrasi etanol atau proses perengkahan dengan panas.

Dalam bidang industri petrokimia, etilen digunakan untuk produk sintesis, seperti plastik, resin, fiber dan lain-lain. Data statistik yang diperoleh dari Biro Pusat Statistik (2019) menunjukkan bahwa di Indonesia belum ada pabrik etilen sehingga untuk memenuhi kebutuhan etilen dalam negeri selama ini

masih mengimpor dari negara lain seperti Taiwan, Canada, USA, dan Belanda. Pendirian pabrik ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan etilen dalam negeri sehingga dapat mengurangi jumlah impor. Selain itu pembangunan pabrik ini juga dapat meningkatkan perkembangan industri yang menggunakan etilen sebagai bahan baku utama maupun bahan pembantu. Selain dapat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap perekonomian, diharapkan pula dapat melakukan ekspor.

Adapun beberapa perusahaan yang memproduksi asam fenil asetat di duniadapat dilihat pada tabel 1.



**Tabel 1** Produksi Asam Fenil Asetat di Dunia

Perusahaan Asam Fenil Asetat	Kapasitas Produksi (Ton/Tahun)
Formosa Petrochemical Corporation (Taiwan)	2.935.000
Nova Chemical Corporation (Canada)	2.811.792
Arabian Petrochemical Company (Saudi Arabia)	2.250.000
ExxonMobil Chemical Company (USA)	2.197.000
ChevronPhillips Company (USA)	1.865.000
Formosa Petrochemical Corporation (Taiwan)	2.935.000

Berdasarkan data di atas, perkiraan jumlah kebutuhan etilen pada tahun 2024 dapat diperkirakan menggunakan perhitungan *discounted method* dengan rumus sebagai berikut (Peters, 1999) :

$$F = P (1+i)^n \quad \dots(1.1)$$

Berdasarkan hasil perhitungan dari persamaan *discounted method* dan data etilen pada tahun 2011 sampai 2018 menunjukkan bahwa peluang kapasitas pabrik etilen yang akan didirikan pada tahun 2024 yaitu 636.445 ton/tahun. Dengan perhitungan kebutuhan diatas, maka diputuskan untuk membangun pabrik yang dapat memenuhi 50% dari kebutuhan etilen dalam negeri kapasitas sebesar 318.222 ton/tahun yang kemudian dikenakan menjadi 300.000 ton/tahun. Kapasitas yang ditentukan tersebut masuk dalam kapasitas pabrik yang sudah memproduksi di seluruh dunia.

## 2. Deskripsi Proses

Pembuatan etilen dapat dilakukan dengan berbagai cara yaitu dengan proses dehidrasi etanol dan *thermal cracking*. Adapun perbandingannya dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 3** Jenis-jenis Proses Pembuatan Etilen.

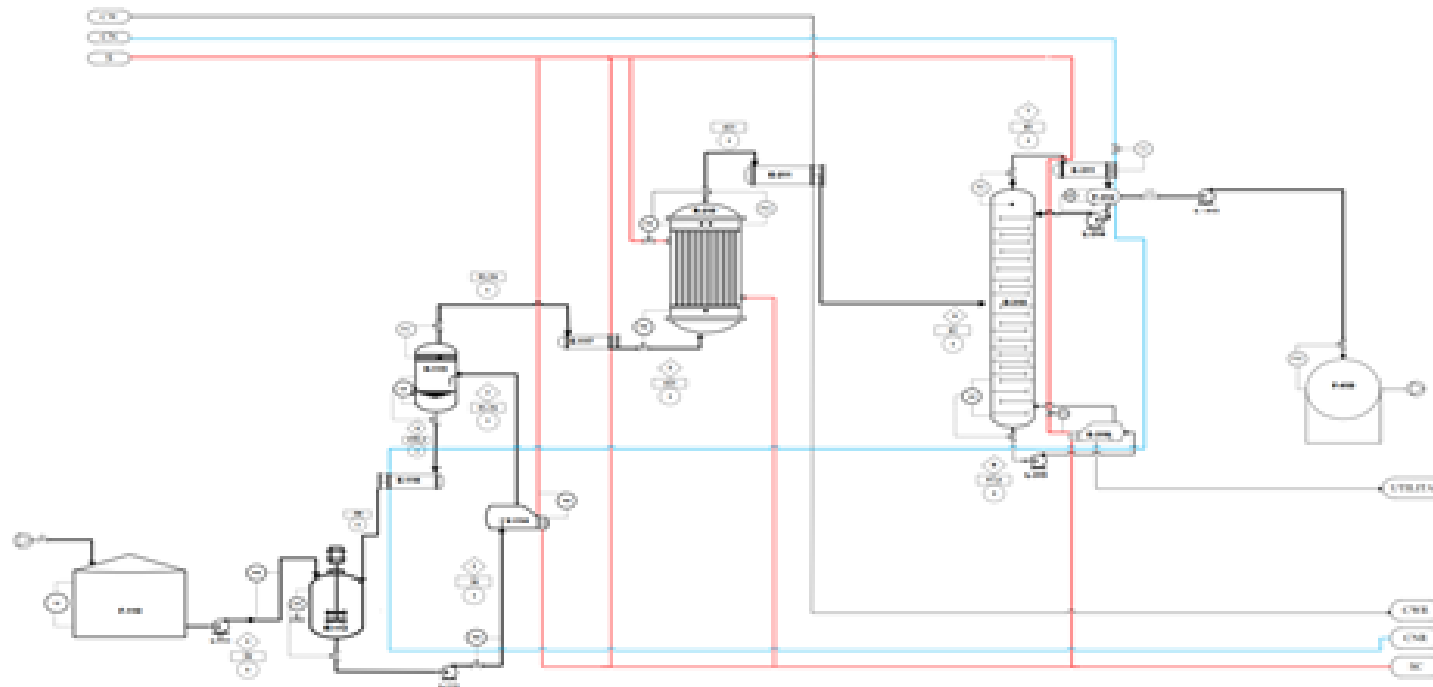
Parameter	Proses	
	Dehidrasi Etanol	<i>Thermal Cracking</i>
1. Bahan Baku	Etanol	Metana, etana, Propane, butane, naphta
2. Proses		
• Waktu tinggal	4,2 detik	-
• Temperatur	450 °C	600-1000 °C
• Tekanan	1 atm	2 - 47,7 atm
3. Katalis	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-
4. Konversi	99,9%	92%

Berdasarkan kedua uraian proses di atas dipilih proses dehidrasi etanol dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Proses dehidrasi etanol memiliki kondisi operasi rendah karena proses berjalan pada tekanan 1 atm dan suhu 450°C sehingga memiliki tingkat risiko yang lebih rendah.
2. Peralatan yang digunakan relatif lebih ekonomis karena tekanan operasi yang rendah, yaitu 1 atm.
3. Konversi yang dihasilkan lebih besar yaitu 99,9%.



**PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM  
PRARANCANGAN PABRIK ETILEN DARI DEHIDRASI ETANOL KAPASITAS PRODUKSI 300.000 TON/TAHUN**



KETERANGAN		
Aliran Proses	Aliran Proses	Aliran Proses
	Pipe Proses	
	Water	
	Distillation Column	
	Condenser	
	Water Separator	
	Flow Control	
	Emergency Shutdown Control	
	Level Indicator	

No	Uraian	Unit
01	ETANOL	kg
02	AIR	kg
03	ETILEN	kg
04	WATER	kg
05	WATER	kg
06	WATER	kg
07	WATER	kg
08	WATER	kg
09	WATER	kg
10	WATER	kg
11	WATER	kg
12	WATER	kg
13	WATER	kg
14	WATER	kg
15	WATER	kg
16	WATER	kg
17	WATER	kg
18	WATER	kg
19	WATER	kg
20	WATER	kg
21	WATER	kg
22	WATER	kg
23	WATER	kg
24	WATER	kg
25	WATER	kg
26	WATER	kg
27	WATER	kg
28	WATER	kg
29	WATER	kg
30	WATER	kg
31	WATER	kg
32	WATER	kg
33	WATER	kg
34	WATER	kg
35	WATER	kg
36	WATER	kg
37	WATER	kg
38	WATER	kg
39	WATER	kg
40	WATER	kg
41	WATER	kg
42	WATER	kg
43	WATER	kg
44	WATER	kg
45	WATER	kg
46	WATER	kg
47	WATER	kg
48	WATER	kg
49	WATER	kg
50	WATER	kg
51	WATER	kg
52	WATER	kg
53	WATER	kg
54	WATER	kg
55	WATER	kg
56	WATER	kg
57	WATER	kg
58	WATER	kg
59	WATER	kg
60	WATER	kg
61	WATER	kg
62	WATER	kg
63	WATER	kg
64	WATER	kg
65	WATER	kg
66	WATER	kg
67	WATER	kg
68	WATER	kg
69	WATER	kg
70	WATER	kg
71	WATER	kg
72	WATER	kg
73	WATER	kg
74	WATER	kg
75	WATER	kg
76	WATER	kg
77	WATER	kg
78	WATER	kg
79	WATER	kg
80	WATER	kg
81	WATER	kg
82	WATER	kg
83	WATER	kg
84	WATER	kg
85	WATER	kg
86	WATER	kg
87	WATER	kg
88	WATER	kg
89	WATER	kg
90	WATER	kg
91	WATER	kg
92	WATER	kg
93	WATER	kg
94	WATER	kg
95	WATER	kg
96	WATER	kg
97	WATER	kg
98	WATER	kg
99	WATER	kg
100	WATER	kg

KETERANGAN		
Aliran Proses	Aliran Proses	Aliran Proses
	Pipe Proses	
	Water	
	Distillation Column	
	Condenser	
	Water Separator	
	Flow Control	
	Emergency Shutdown Control	
	Level Indicator	

KETERANGAN		
Aliran Proses	Aliran Proses	Aliran Proses
	Pipe Proses	
	Water	
	Distillation Column	
	Condenser	
	Water Separator	
	Flow Control	
	Emergency Shutdown Control	
	Level Indicator	

KOMPONEN	NERACA MASSA (KG/AM)							
	Area 1	Area 2	Area 3	Area 4	Area 5	Area 6	Area 7	Area 8
Etilen	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	37936,8708	37937,9273	18,9434
Etilanol	62781,1223	76717,7568	76717,7568	13936,6343	62781,1223	868,8581	0,6565	864,9736
Air	2688,8968	4837,7767	4837,7767	1396,8708	2688,8968	27010,1182	18,8040	26999,3142
TOTAL	65462,0191	80798,5332	80798,5332	15793,5141	65462,0191	65462,0191	37978,7876	27583,2312

Gambar 1 Process Flow Diagram



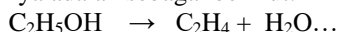
Proses pembuatan etilen dari etanol ini dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu :

a. Persiapan Bahan Baku

Bahan baku utama yang digunakan adalah etanol didapatkan dari PT. Pertamina (Lampung) yang memproduksi 1.100.000 ton/tahun yang disimpan dalam tangki penampung bahan baku (F110) yang berbentuk silinder tegak dengan dasaran datar dan tutup berbentuk kerucut dari bahan carbon steel SA-283 grade C dengan tekanan 1 atm dan suhu 30°C , dialirkan ke mixer (M-112) untuk mencampurkan dengan fasa cair hasil bawah separator (H-115), kemudian dialirkan ke vaporizer (V-114) untuk diuapkan dengan asumsi 80% menjadi fasa uap dan 20% tetap fasa cair, setelah itu diumpankan ke separator (H-115) untuk dipisahkan antara fasa uap dan fasa cair, dimana fasa cair keluar dari hasil bawah separator direcycle (digunakan kembali) dan akan didinginkan untuk menurunkan suhunya menggunakan cooler sampai suhunya mencapai suhu 30°C lalu dialirkan ke mixer (M-112), sedangkan hasil atas separator akan dipanaskan untuk menaikkan suhunya menggunakan heater sampai suhunya mencapai suhu 450°C dan tekanan 1 atm sesuai dengan kondisi masuk reaktor.

b. Dehidrasi etanol

Bahan baku yang sudah siap, dimasukkan kedalam reaktor (R-210). Reaktor yang digunakan dalam perancangan pabrik ini adalah reaktor “fixed bed multitube” dengan menggunakan katalis silika-alumina. Reaksi yang terjadi didalam reaktor bersifat endotermis, sehingga reaktor perlu diinjeksikan dengan steam untuk menjaga suhu operasinya. Reaksinya adalah sebagai berikut:



reaksi berjalan pada fasa gas dengan tekanan 1 atm dan suhu umpan masuk reaktor 450°C, reaktor beroperasi secara non adiabatic dan non isothermal.

c. Pemurnian Produk

Hasil keluar reaktor fixed bed (R-210) kemudian didinginkan dengan menggunakan sistem heat integration berupa cooler (E-211) yang mana pendinginnya menggunakan nitrogen cair bersuhu 30°C dan tekanan 1 atm, produk keluar pada suhu 83,01°C, kemudian produk keluar dari pendingin tidak dipisahkan dengan separator, karena pada menara distilasi (D-310) umpan masuk dalam keadaan uap-cair pada tekanan 1 atm. Umpan masuk menara distilasi (D-310) pada suhu 81,42°C dimana distilat yang dihasilkan mengandung 99,95% etilen dan 0,05% air, sedangkan bottom product mengandung etanol dengan air yang kemudian dialirkan ke kolom pengolahan limbah (bak aerasi).

Distilat dicairkan dengan kondensor total (E-311) menggunakan pendingin nitrogen cair bersuhu -198°C setelah itu cairan etilen dimasukan ke dalam tangki produk (F-410) berbentuk bola (spherical) dengan suhu -103,70°C dan tekanan 1 atm.

### 3. Utilitas

Utilitas merupakan unit penunjang utama untuk memperlancar jalannya proses produksi pada suatu pabrik. Sumber air untuk pabrik etilen diperoleh dari waduk Krakatau *steel*. Air yang digunakan sebesar 1264369,503 kg/jam. Pembangkit listrik disuplai dari PLN setempat dan memiliki cadangan energi dari generator yang menggunakan bahan bakar diesel oli. Kebutuhan total utilitas yang diperlukan pada operasi pabrik etilen dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 4.** Kebutuhan Utilitas Pabrik Asam Fenil Asetat

Kebutuhan	Jumlah
Steam	649022,1061 kg/jam
Cooling Water	1264369,503 kg/jam
Listrik	552,83 kWh
Bahan Bakar	221,2411 liter/jam

### 4. Analisis Ekonomi

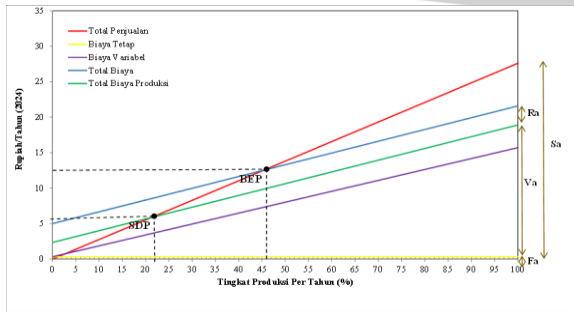
Mengetahui keuntungan yang diperoleh suatu pabrik serta mengetahui layak atau tidaknya suatu pabrik didirikan dapat dilakukan dengan melakukan analisis ekonomi. Adapun hasil analisis ekonomi pabrik asam fenil asetat dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 5.** Analisis Ekonomi

Analisa	Nilai	Batasan	Ket
ROI	20%	Min. 11%	Layak
POT	3,6 thn	Max. 5 thn	Layak
BEP	46%	40-60%	Layak
SDP	22%	20-40%	Layak

*Return On Investment (ROI)* adalah keuntungan yang dihasilkan dari investasi yang dikeluarkan. *Pay Out Time (POT)* adalah waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang dicapai. *Break Even Point (BEP)* adalah titik impas atau suatu kondisi dimana pabrik menunjukkan biaya dan penghasilan jumlahnya sama atau tidak untung dan tidak rugi. *Shut Down Point (SDP)* adalah saat dimana penentuan suatu aktivitas produksi harus dihentikan karena lebih murah untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Expense (Fa)* dibandingkan harus produksi. Grafik analisa kelayakan ekonomi pabrik etilen dapat dilihat pada gambar berikut:





Gambar 2. Grafik BEP dan SDP

## 5. Kesimpulan

Prarancangan Pabrik Etilen dari Etanol dengan Proses dehidrasi akan berdiri di Kabupaten Cilegon, Banten dengan luas pabrik yang direncanakan sebesar 20.000 m<sup>2</sup> yang didirikan pada tahun 2024 dengan kapasitas 300.000 ton/tahun. Bentuk perusahaan yang direncanakan yaitu Perseroan Terbatas (PT) dan bentuk organisasi yaitu garis dan staf dengan jumlah tenaga kerja yang diperlukan yaitu 187 orang. Dari analisa ekonomi didapatkan nilai ROI sebesar 20%, POT selama 3,6 tahun, BEP sebesar 46% dan SDP sebesar 20%. Sehingga pabrik etilen ini layak untuk didirikan dan dapat diteruskan ke tahap perencanaan pabrik.

## Daftar Pustaka

- Aries, R. S. and Newton, R. D. 1955. Chemical Engineering Cost Estimation. Mc Graw Hill Book Company Inc. New York.
- Badan Pusat Statistik. 2019. Data Impor Etili di Indonesia.  
<http://www.bps.go.id/>  
Diakses pada tanggal Februari 2019
- Brown, George G. 1956. Unit Operations. CBS Publishers & Distributors. New Delhi.
- Brownell, Lloyd E., Edwin H. Young. 1959. Process Equipment Design. John Wiley & Sons. USA.
- Coulson, J. M. and J. F. Richardson. 1989. An Introduction to Chemical Engineering. Allyn and Bacon Inc. Massachuset.
- Coulson, R. K. 2005. Chemical Engineering Design Volume 6 4th Edition. Elsevier Butterworth-Heinemann. Oxford.
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia. 2002. Standar Kualitas Air Bersih.
- Geankoplis, Christie J. 1997. Transport Process and Unit Operations 3rd Edition. Prentice-Hall International, Inc. New Jersey.
- Geankoplis, Christie J. 2003. Transport Process and Unit Operations 3rd Edition. Prentice-Hall International, Inc. New Jersey.

Gordon, M, Fair. 1968. Water and Waste Water Engineering Voume 2. John Wiley& Sons, Inc. New York.

Hesse, H. C. 1945. Process Equipment Design. D. Van Nostrand Company, Inc. New Jersey.

<https://comtrade.un.org/data/>  
Diakses pada Februari 2019.

Kagymanova, A.P, V.A. Chumachenko. V,N. Korotkoh, V.N. Kaskhin, and A.S. Noskov. 2011."Catalytic Dehydration of Bioethanol to Ethylene; Pilot Scale Studies and Process Simulation". Borekov Institute of Catalysis. Novasibirsk. Rusia.

Kern, Donald Q. 1950. Process Heat Transfer. McGraw-Hill International Book Company, Inc. Japan.

Kirk, Raymond E. dan Donald F. Othmer. 1996. Encyclopedia of Chemical Technology, Pigments to Powders, Handling. John Wiley & Sons, Inc. Universitas Michigan.

Mc Ketta, J. J. dan Cunningham, W. A. 1983. Encyclopedia of Chemical Processing and Design. Merzell Dekker. New York.

Perry, Robert H. 1997. Perry's Chemical Engineers' Handbook 7th Edition. McGraw-Hill Company. USA.

Peters, Max S and Klaus D. Timmerhaus. 1991. Plant Design and Economics for Chemical Engineers Fourth Edition. Mc Graw Hill International. Singapore.

Smith, J. M. H. C. Van Ness, dan M. M. Abbott. 2005. Intoduction to Chemical Engineering Thermodynamics 6th Edition. McGraw-Hill International. New York.

Ullman, Fritz. 1985. Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry Vol. 3. John Willey and Sons Inc. New York.

Ulrich, G.D. 1984. A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics. New York: John Willey and Sons.

Walas, S.M. 1990. Chemical Process Equipment (Selection and Design).

USA: Buterworth-Heineman.

Yaws. 1999. Chemical Properties Handbook: Physical, Thermodynamics, Environmetal, Transport, Safety, and Health Related Properties for Organic and Inorganic Chemicals. Mc-Graw-Hill. USA.

[www.Alibaba.com](http://www.Alibaba.com)

[www.Googlemaps.com](http://www.Googlemaps.com)

[www.matche.com](http://www.matche.com)

[www.molbase.com](http://www.molbase.com)

[www.kursdollar.net](http://www.kursdollar.net)



