

Pojekt Home-Lab

Spis treści

1. Cel projektu	2
2. Architektura Sieciowa	3
2.1. Szczegółowy opis architektury	4
3. Główne komponenty laboratorium	5
4. Etapy realizacji projektu.....	6
4.1. Instalacja oraz konfiguracja hypervisora (Proxmox)	6
4.1.1. Konfiguracja metody backupu z wykorzystaniem Proxmox Backup Server	9
4.2. Instalacja oraz konfiguracja zapory sieciowej pfSense	10
4.2.1. Tworzenie maszyny wirtualnej dla pfSense oraz instalacja systemu.....	10
4.2.2. Konfiguracja maszyny wirtualnej pfSense	11
4.2.3. Szczegółowy opis konfiguracji zapory	12
4.3. Instalacja serwera Ubuntu, Dockera, Portainera.....	13
4.3.1. Tworzenie maszyny wirtualnej dla Ubuntu oraz instalacja systemu	13
4.3.2. Instalacja Dockera na Ubuntu Server	14
4.3.3. Instalacja Portainera (Ubuntu + Docker)	15
4.3.4. Konfiguracja sieci dla kontenerów Docker	16
4.4. Budowa serwera Wazuh	18
4.4.1. Tworzenie maszyny wirtualnej oraz instalacja systemu bazowego (Ubuntu).....	18
4.4.2. Instalacja Wazuh.....	19
4.4.3. Instalacja agentów Wazuh.....	20
4.5. Budowa kontrolera domeny (Windows Server 2022).....	23
4.5.1. Tworzenie maszyny wirtualnej oraz instalacja Windows Server 2022	23
4.5.2. Podstawowa konfiguracja systemu Windows Server 2022 po instalacji	25
4.5.3. Uruchomienie ról: Active Directory Domain Services (AD DS), DHCP i DNS.....	26
4.5.4. Przeniesienie usługi DHCP z pfSense do Windows Server 2022	28
4.6. Budowa maszyny klienckiej Windows (Windows 10)	29
4.6.1. Tworzenie maszyny wirtualnej oraz instalacja Windows 10	29
4.6.2. Podłączenie do domeny oraz weryfikacja poprawności połączenia	31
5. Podsumowanie.....	32

1. Cel projektu

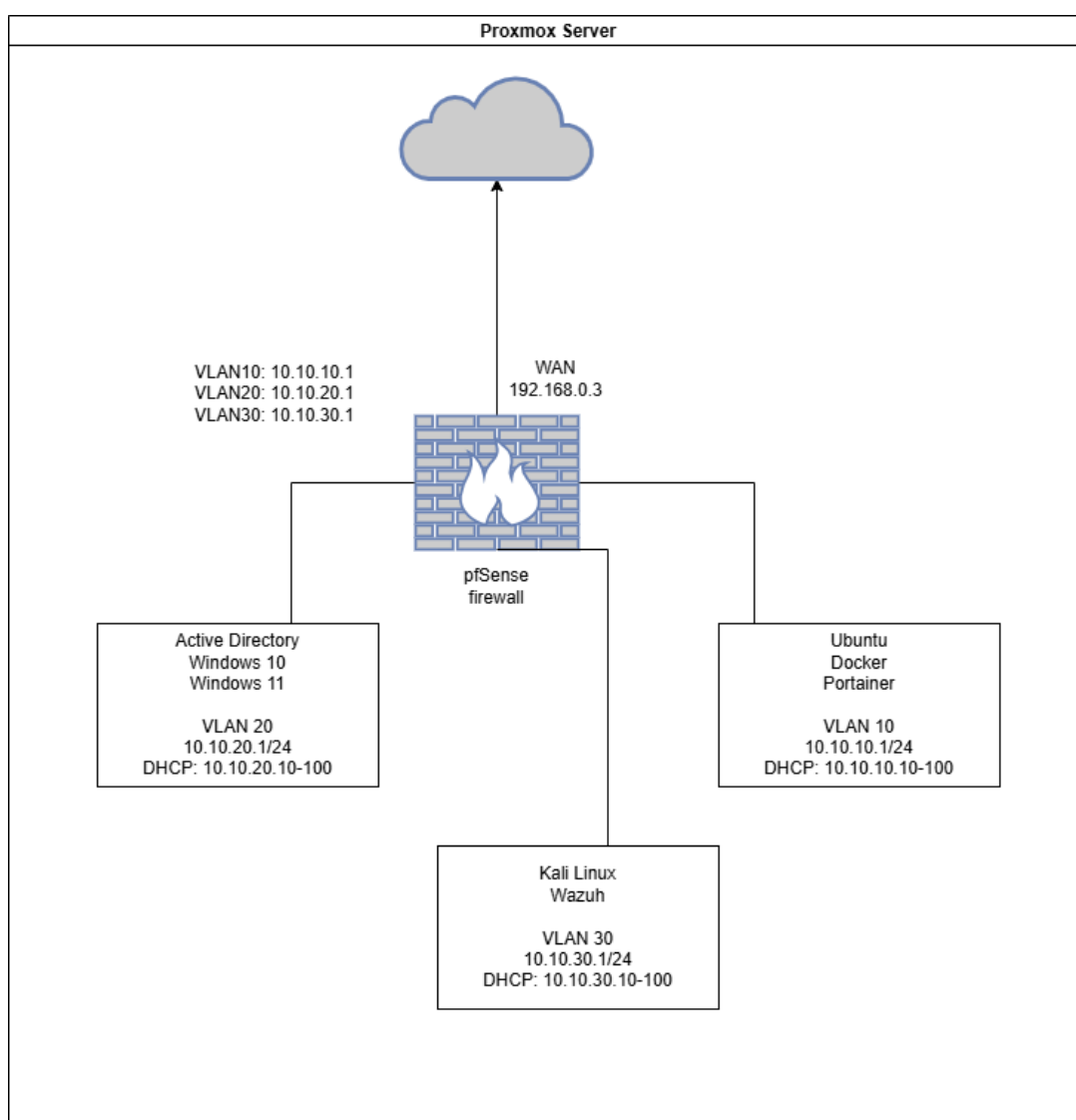
Projekt "Home-Lab" to kompleksowy projekt mający na celu praktyczne zdobycie umiejętności i naukę nowych technologii z zakresu cyberbezpieczeństwa, administracji sieciami / systemami, automatyzacji zadań oraz sztucznej inteligencji. Jest to przykład praktycznego wykorzystania różnorodnych narzędzi i konfiguracji, umożliwiających m.in. zarządzanie infrastrukturą, skanowanie podatności, monitorowanie sieci, wykrywanie zagrożeń oraz reagowanie na incydenty.

2. Architektura Sieciowa

Całe środowisko laboratoryjne jest zbudowane na platformie wirtualizacyjnej Proxmox. Jego centralnym punktem jest firewall pfSense, przy pomocy którego sieć jest podzielona na kilka podsieci. Segmentacja odbywa się za pomocą VLAN-ów (Virtual Local Area Network), co pozwala na ich izolację:

- **VLAN 10 (10.10.10.0/24):** podsieć dla maszyn Linux i kontenerów (Docker).
- **VLAN 20 (10.10.20.0/24):** podsieć z maszynami Windows.
- **VLAN 30 (10.10.30.0/24):** podsieć dla narzędzi bezpieczeństwa i monitoringu.

Tak zaplanowana architektura umożliwi łatwą rozbudowę w przyszłości np. poprzez utworzenie dodatkowych VLAN-ów.



Rys. 1 – Schemat sieci.

2.1. Szczegółowy opis architektury

- Serwer **Proxmox** będzie hostował wszystkie maszyny wirtualne laboratorium.
- Interfejs WAN zapory **pfSense** połączony z siecią domową (statyczny adres IP: 192.168.0.3/24)
- Interfejs LAN zapory **pfSense** (vbr1 w Proxmox) będzie trunkiem dla wszystkich wewnętrznych VLANów laboratorium. Został stworzony jako mostek (Linux Bridge) w Proxmox.
- Segmentacja VLAN:
 - **VLAN 10** (Docker / Kontenery): 10.10.10.0/24
 - Adres IP: 10.10.10.1
 - Zakres DHCP: 10.10.10.10-100
 - **VLAN 20** (Środowisko Windows): 10.10.20.0/24
 - Adres IP: 10.10.20.1
 - Zakres DHCP: 10.10.20.10-100
 - **VLAN 30** (Narzędzia bezpieczeństwa): 10.10.30.0/24
 - Adres IP: 10.10.30.1
 - Zakres DHCP: 10.10.30.10-100

3. Główne komponenty laboratorium

- **Zapora sieciowa (Firewall):**
 - pfSense: Główna zapora sieciowa, zarządzająca ruchem i segmentacją sieci.
- **Docker / Kontenery – VLAN 10:**
 - Ubuntu Server: Host dla kontenerów Docker.
 - Docker: Platforma konteneryzacji.
 - Portainer: Narzędzie do zarządzania kontenerami.
- **Środowisko Windows (Windows Server, Active Directory) – VLAN 20:**
 - Windows Server 2022: Kontroler domeny (AD, Group Policy, DHCP, DNS).
 - Windows 10: Maszyna kliencka.
- **Narzędzia bezpieczeństwa – VLAN 30:**
 - Kali Linux: Maszyna do ataków i testów penetracyjnych.
 - Wazuh: Rozwiązanie SIEM/XDR.

4. Etapy realizacji projektu

4.1. Instalacja oraz konfiguracja hypervisora (Proxmox)

Kluczowym elementem każdego laboratorium jest wybór odpowiedniego systemu, który zostanie zainstalowany na fizycznym sprzęcie. W tym wypadku wybór padł na platformę Proxmox Virtual Environment. Istotną zaletą tego rozwiązania jest to, że opiera się na zmodyfikowanym jądrze Debiana oraz jest rozwiązaniem open source z aktywną społecznością. System został zainstalowany na sprzęcie o specyfikacji:

Model: Lenovo PC ThinkCentre M920x Tiny USFF

Procesor: Intel® Core™ i7-9700 @ 3.00GHz (8 rdzeni)

Pamięć operacyjna: 64 GB RAM DDR4 3200MHz

Dysk: 1 x Samsung PM9B1 NVMe 512 GB, 2 x WD SN580 2TB NVMe

Karta dźwiękowa: Zintegrowana Realtek® ALC233VB2 High Definition (HD) Audio

Karta sieciowa: Zintegrowana Intel® I219-V Gigabit Ethernet 10/100/1000 Mbit/s

Karta graficzna: Zintegrowana Intel® UHD Graphics 630

Chipset: Intel® Q370

Porty rozszerzeń:

2 x SODIMM

1 x SATA

1 x M.2 PCIe 2230 (dla WLAN)

1 x M.2 PCIe 2280

1 x M.2 PCIe 2280 / 2242



Rys. 2 – Lenovo PC ThinkCentre M920x Tiny USFF.

Proces instalacji nie różni się znacząco od typowej instalacji systemu Linux. Uwagi natomiast wymaga konfiguracja Proxmox po zakończeniu instalacji. Pierwszą rzeczą jest konfiguracja repozytorium pakietów i aktualizacja systemu.

Node 'pve'

Reboot Shutdown

Search

Summary

Notes

Shell

System

Network

Certificates

DNS

Hosts

Options

Time

System Log

Updates

Repositories

Firewall

Disks

LVM

LVM-Thin

Directory

ZFS

Ceph

Replication

Task History

Subscription

Status

Warning

You get updates for Proxmox VE

The no-subscription repository is not recommended for production use!

APT Repositories

Reload Add Enable

Enabled	Types	URIs	Suites	Components	Options	Origin	Comr
File: /etc/apt/sources.list (3 repositories)							
✓	deb	http://deb.debian.org/debian	bookworm	main contrib		Debian	
✓	deb	http://deb.debian.org/debian	bookworm-updat...	main contrib		Debian	
✓	deb	http://security.debian.org/debian-security	bookworm-security	main contrib		Debian	
File: /etc/apt/sources.list.d/ceph.list (4 repositories)							
—	deb	https://enterprise.proxmox.com/debian/ceph-quincy	bookworm	enterprise		Proxmox	
—	deb	http://download.proxmox.com/debian/ceph-quincy	bookworm	no-subscription		Proxmox	
—	deb	https://enterprise.proxmox.com/debian/ceph-reef	bookworm	enterprise		Proxmox	
—	deb	http://download.proxmox.com/debian/ceph-reef	bookworm	no-subscription		Proxmox	
File: /etc/apt/sources.list.d/pve-enterprise.list (1 repository)							
—	deb	https://enterprise.proxmox.com/debian/pve	bookworm	pve-enterprise		Proxmox	
File: /etc/apt/sources.list.d/pve-install-repo.list (1 repository)							
✓	deb	http://download.proxmox.com/debian/pve	bookworm	pve-no-subscription		Proxmox	
File: /etc/apt/sources.list.d/pvetest-for-beta.list (1 repository)							
—	deb	http://download.proxmox.com/debian/pve	bookworm	pvetest		Proxmox	

Rys. 3 – Konfiguracja repozytorium pakietów w Proxmox.

Dyski zostały wykorzystane następująco:

- Dysk Samsung PM9B1 NVMe 512 GB został przeznaczony w całości na system Proxmox oraz na magazynowanie obrazów instalacyjnych maszyn wirtualnych.
- Dwa dyski WD SN580 2TB NVMe zostały przeznaczone pod wirtualne maszyny, dyski zostały połączone w RAID1 (Mirroring) w celu zapewnienia bezpieczeństwa przed utratą danych w przypadku awarii jednego dysku. Zastosowany został system plików ZFS.

Reload Show S.M.A.R.T. values Initialize Disk with GPT Wipe Disk

Device	Type	Usage	Size	GPT	Model	Serial	S.M.A.R.T.
/dev/nvme0n1	nvme	partitions	512.11 GB	Yes	PM9B1 NVMe Samsung 512GB	S6MZNFMW702050	PASSED
/dev/nvme0n...	partition	BIOS boot	1.03 MB	Yes			
/dev/nvme0n...	partition	EFI	1.07 GB	Yes			
/dev/nvme0n...	partition	ZFS	511.04 GB	Yes			
/dev/nvme1n1	nvme	partitions	2.00 TB	Yes	WD Blue SN580 2TB	24401W804826	PASSED
/dev/nvme1n...	partition	ZFS	2.00 TB	Yes			
/dev/nvme1n...	partition	ZFS reserved	8.39 MB	Yes			
/dev/nvme2n1	nvme	partitions	2.00 TB	Yes	WD Blue SN580 2TB	24401W804804	PASSED
/dev/nvme2n...	partition	ZFS	2.00 TB	Yes			
/dev/nvme2n...	partition	ZFS reserved	8.39 MB	Yes			

Rys. 4 – Konfiguracja dysków.

Status: tank0

Reload

Health

ONLINE

Errors

No known data errors

Devices

Name	Health	READ	WRITE	CKSUM
<div> <div></div> <div>tank0</div> </div>	<div> <div></div> <div>ONLINE</div> </div>	0	0	0
<div> <div></div> <div>mirror-0</div> </div>	<div> <div></div> <div>ONLINE</div> </div>	0	0	0
<div> <div></div> <div>/dev/disk/by-id/nvme-WD_Blue_SN580_2TB_24401W804826-part1</div> </div>	<div> <div></div> <div>ONLINE</div> </div>	0	0	0
<div> <div></div> <div>/dev/disk/by-id/nvme-WD_Blue_SN580_2TB_24401W804804-part1</div> </div>	<div> <div></div> <div>ONLINE</div> </div>	0	0	0

Rys. 5 – Konfiguracja dysków – ZFS.

W celu robienia backupu maszyn wirtualnych podmontowany został zewnętrzny zasób sieciowy (exos-backup) przez protokół SMB/CIFS. Zasób dostępny z lokalnej sieci LAN.

Edit: SMB/CIFS

General

Backup Retention

ID:

exos-backup

Nodes:

All (No restrictions)

Server:

192.168.0.100

Enable:

☒

Username:

backup

Content:

Backup

Password:

Domain:

Share:

proxmox

Subdirectory:

Preallocation:

Default

Help

Advanced ☒

OK

Rys. 6 – Konfiguracja backupu.

4.1.1. Konfiguracja metody backupu z wykorzystaniem Proxmox Backup Server

W ramach rozbudowy laboratorium oraz złożoności całego projektu rozwinięty został system backupu całego środowiska. Do tego celu zostało wykorzystane dedykowane rozwiązanie w postaci systemu Proxmox Backup Server (PBS). PBS został zainstalowany na osobnej fizycznej maszynie.

Do ustawienia harmonogramu zostało wykorzystane narzędzie *Prune Simulator* (<https://pbs.proxmox.com/docs/prune-simulator/>).

Proxmox Backup Server - Prune Simulator

View Options

Show Calendar: ☒ Show Colors: ☒

Backup Job Simulation

Backup Job

Day of week: Monday, Tuesday, Wednesday, Thursday,

Schedule: 0/6:00

Simulation Time Range

End Date: 2025-11-28

End Time: 15:50

Duration: 15 Weeks

Update Simulation

Prune Options

keep-last: 4

keep-hourly:

keep-daily: 5

keep-weekly: 2

keep-monthly:

keep-yearly:

Backups

Backup Time ↓	Keep (reason)
2025-11-28 12:00:13	keep (keep-last: 1)
2025-11-28 06:00:13	keep (keep-last: 2)
2025-11-28 00:00:13	keep (keep-last: 3)
2025-11-27 18:00:13	keep (keep-last: 4)
2025-11-27 12:00:13	remove
2025-11-27 06:00:13	remove
2025-11-27 00:00:13	remove
2025-11-26 18:00:13	keep (keep-daily: 1)

Calendar

Sun, 30 Nov 2025	Sat, 29 Nov 2025	Fri, 28 Nov 2025	Thu, 27 Nov 2025	Wed, 26 Nov 2025	Tue, 25 Nov 2025	Mon, 24 Nov 2025
		12:00 (keep-last 1) 06:00 (keep-last 2) 00:00 (keep-last 3)	18:00 (keep-last 4) 12:00 06:00 00:00	18:00 (keep-daily 1) 12:00 06:00 00:00	18:00 (keep-daily 2) 12:00 06:00 00:00	18:00 (keep-daily 3) 12:00 06:00 00:00
Sun, 23 Nov 2025 18:00 (keep-daily 4) 12:00 06:00 00:00	Sat, 22 Nov 2025 18:00 (keep-daily 5) 12:00 06:00 00:00	Fri, 21 Nov 2025 18:00 12:00 06:00 00:00	Thu, 20 Nov 2025 18:00 12:00 06:00 00:00	Wed, 19 Nov 2025 18:00 12:00 06:00 00:00	Tue, 18 Nov 2025 18:00 12:00 06:00 00:00	Mon, 17 Nov 2025 18:00 12:00 06:00 00:00
Sun, 16 Nov 2025 18:00 (keep-weekly 1) 12:00 06:00 00:00	Sat, 15 Nov 2025 18:00 12:00 06:00 00:00	Fri, 14 Nov 2025 18:00 12:00 06:00 00:00	Thu, 13 Nov 2025 18:00 12:00 06:00 00:00	Wed, 12 Nov 2025 18:00 12:00 06:00 00:00	Tue, 11 Nov 2025 18:00 12:00 06:00 00:00	Mon, 10 Nov 2025 18:00 12:00 06:00 00:00
Sun, 09 Nov 2025 18:00 (keep-weekly 2) 12:00 06:00 00:00	Sat, 08 Nov 2025 18:00 12:00 06:00 00:00	Fri, 07 Nov 2025 18:00 12:00 06:00 00:00	Thu, 06 Nov 2025 18:00 12:00 06:00 00:00	Wed, 05 Nov 2025 18:00 12:00 06:00 00:00	Tue, 04 Nov 2025 18:00 12:00 06:00 00:00	Mon, 03 Nov 2025 18:00 12:00 06:00 00:00
Sun, 02 Nov 2025 18:00	Sat, 01 Nov 2025 18:00	Fri, 31 Oct 2025 18:00	Thu, 30 Oct 2025 18:00	Wed, 29 Oct 2025 18:00	Tue, 28 Oct 2025 18:00	Mon, 27 Oct 2025 18:00

Rys. 6 – Prune Simulator.

4.2. Instalacja oraz konfiguracja zapory sieciowej pfSense

4.2.1. Tworzenie maszyny wirtualnej dla pfSense oraz instalacja systemu

ID VM: 200

Nazwa: pfSense

OS: Użycie pobranego obrazu ISO pfSense (pfSense-CE-2.7.2-RELEASE-amd64.iso)

Dysk: 50 GB (vm-drives).


CPU: 4 rdzenie.
























RAM: 8 GB.

Interfejsy sieciowe:

net0: podłączony do vmbr0 (WAN).

net1: podłączony do vmbr1 (LAN).

Virtual Machine 200 (pfSense) on node 'pve' No Tags 

 Summary	Add  Remove Edit Disk Action  Revert	
>_ Console	 Memory	8.00 GiB
 Hardware	 Processors	4 (1 sockets, 4 cores) [host]
 Cloud-Init	 BIOS	Default (SeaBIOS)
 Options	 Display	Default
 Task History	 Machine	Default (i440fx)
 Monitor	 SCSI Controller	VirtIO SCSI single
 Backup	 Hard Disk (scsi0)	vm-drives:200/vm-200-disk-0.qcow2,iothread=1,size=50G
 Replication	 Network Device (net0)	virtio=BC:24:11:93:E0:C5,bridge=vmbr0,firewall=1
 Snapshots	 Network Device (net1)	virtio=BC:24:11:2B:AD:9A,bridge=vmbr1,firewall=1
 Firewall 		
 Permissions		

Rys. 7 – Konfiguracja maszyny wirtualnej pfSense.

Summary	Edit	Revert
Console	Name	pfSense
Hardware	Start at boot	Yes
Cloud-Init	Start/Shutdown order	order=any
Options	OS Type	Linux 6.x - 2.6 Kernel
Task History	Boot Order	scsi0
Monitor	Use tablet for pointer	Yes
Backup	Hotplug	Disk, Network, USB
Replication	ACPI support	Yes
Snapshots	KVM hardware virtualization	Yes
Firewall	Freeze CPU at startup	No
Permissions	Use local time for RTC	Default (Enabled for Windows)
	RTC start date	now
	SMBIOS settings (type1)	uuid=4f318fb3-3d2f-48ed-b837-b9a481576d0f
	QEMU Guest Agent	Enabled
	Protection	No
	Spice Enhancements	none
	VM State storage	Automatic
	AMD SEV	Default (Disabled)

Rys. 8 – Konfiguracja maszyny wirtualnej pfSense (2).

4.2.2. Konfiguracja maszyny wirtualnej pfSense

Po zainstalowaniu systemu pierwszym krokiem jaki należy zrobić jest konfiguracja interfejsów sieciowych. Tak jak to już wcześniej zostało skonfigurowane maszyna posiada dwa interfejsy sieciowe: WAN oraz LAN. W pfSense są one oznaczone odpowiednio *vtnet0* oraz *vtnet1*.

```
QEMU Guest - Netgate Device ID: 2e8ce3397f538cef95b6
*** Welcome to pfSense 2.8.0-RELEASE (amd64) on pfSense ***

WAN (wan)      -> vtnet0      -> v4: 192.168.0.3/24
LAN (lan)      -> vtnet1      -> v4: 10.10.1.1/24
VLAN10 (opt1)  -> vtnet1.10 -> v4: 10.10.10.1/24
VLAN20 (opt2)  -> vtnet1.20 -> v4: 10.10.20.1/24
VLAN30 (opt3)  -> vtnet1.30 -> v4: 10.10.30.1/24

0) Logout / Disconnect SSH
1) Assign Interfaces
2) Set interface(s) IP address
3) Reset admin account and password
4) Reset to factory defaults
5) Reboot system
6) Halt system
7) Ping host
8) Shell
9) pfTop
10) Filter Logs
11) Restart GUI
12) PHP shell + pfSense tools
13) Update from console
14) Enable Secure Shell (sshd)
15) Restore recent configuration
16) Restart PHP-FPM
```

Rys. 9 – Konfiguracja interfejsów sieciowych w pfSense.

Po skonfigurowaniu interfejsów sieciowych istnieje możliwość zarządzania zaporą z poziomu panelu WWW.

System Information

Name	pfSense.home.arpa
User	admin@192.168.0.226 (Local Database)
System	QEMU Guest Netgate Device ID: 2e8ce3397f538cef95b6
BIOS	Vendor: SeaBIOS Version: rel-1.16.3-0-ga6ed6b701f0a-prebuilt.qemu.org Release Date: Tue Apr 1 2014
Version	2.7.2-RELEASE (amd64) built on Wed Dec 6 21:10:00 CET 2023 FreeBSD 14.0-CURRENT The system is on the latest version. Version information updated at Tue Jun 10 10:41:57 CEST 2025
CPU Type	QEMU Virtual CPU version 2.5+ 4 CPUs: 1 package(s) x 4 core(s) AES-NI CPU Crypto: Yes (inactive) QAT Crypto: No
Hardware crypto	Inactive
Kernel PTI	Enabled

Interfaces

Interface	Status	Speed	MAC	IP Address
WAN	↑	10Gbase-T <full-duplex>		192.168.0.3
LAN	↑	10Gbase-T <full-duplex>		10.10.1.1
VLAN10	↑	10Gbase-T <full-duplex>		10.10.10.1
VLAN20	↑	10Gbase-T <full-duplex>		10.10.20.1
VLAN30	↑	10Gbase-T <full-duplex>		10.10.30.1

Interface Statistics

	WAN	LAN	VLAN10	VLAN20	VLAN30
Packets In	1267	0	0	0	0
Packets Out	1559	5	4	4	5
Bytes In	431 KiB	0 B	0 B	0 B	0 B
Bytes Out	907 KiB	416 B	344 B	344 B	416 B
Errors In	0	0	0	0	0
Errors Out	0	0	0	0	0
Collisions	0	0	0	0	0

Rys. 10 – Panel zarządzania pfSense.

Na powyższych zrzutach ekranu widoczne są już utworzone i skonfigurowane VLANy. Każdy z nich posiada połączenie z siecią zewnętrzną Internet oraz zapewnioną komunikację między sobą. Natomiast domyślnie zaporę blokuje ruch z zewnątrz. Aby możliwy był dostęp do VLAN-ów z zewnątrz i tym samym do hostowanych w nich usługach konieczne jest zezwolenie na ruch przez dodanie odpowiednich reguł.

Rules (Drag to Change Order)

States	Protocol	Source	Port	Destination	Port	Gateway	Queue	Schedule	Description	Actions
8/4.12 MiB	IPv4 *	192.168.0.0/24	*	*	*	*	none			

Buttons: Add, Add, Delete, Toggle, Copy, Save, Separator

Rys. 11 – Reguła pfSense zezwalająca na ruch z zewnątrz.

4.2.3. Szczegółowy opis konfiguracji zapory

1. Konfiguracja VLANów w pfSense (przez interfejs webowy):

- Przejście do Interfaces -> Assignments -> VLANs.
- Dodanie VLANów:
 - VLAN 10: Parent interface vtnet1 (LAN), VLAN tag 10.
 - VLAN 20: Parent interface vtnet1 (LAN), VLAN tag 20.
 - VLAN 30: Parent interface vtnet1 (LAN), VLAN tag 30.

- Przypisanie interfejsów do VLANów (Interfaces -> Assignments):
 - Dodanie OPT1 dla VLAN 10 na vtnet1.
 - Dodanie OPT2 dla VLAN 20 na vtnet1.
 - Dodanie OPT3 dla VLAN 30 na vtnet1.
 - Konfiguracja interfejsów dla VLANów:
 - OPT1 (VLAN10): Włączenie, zmiana nazwy na VLAN10, adres IPv4 statyczny 10.10.10.1/24.
 - OPT2 (VLAN20): Włączenie, zmiana nazwy na VLAN20, adres IPv4 statyczny 10.10.20.1/24.
 - OPT3 (VLAN30): Włączenie, zmiana nazwy na VLAN30, adres IPv4 statyczny 10.10.30.1/24.
- 2. Konfiguracja reguł zapory dla VLANów w pfSense:**
- Przejście do Firewall -> Rules.
 - Dla każdego nowo utworzonego interfejsu VLAN (VLAN10, VLAN20, VLAN30):
 - Skopiowanie domyślnej reguły "Allow LAN to any" z interfejsu LAN.
 - Zmiana źródła (Source) z "LAN subnets" na odpowiedni "[NazwaVLAN] subnets".
 - Dodanie reguły na interfejsie WAN zezwalającej na ruch z zewnątrz.
- 3. Konfiguracja serwera DHCP dla VLANów w pfSense:**
- Przejście do Services -> DHCP Server.
 - Dla każdego interfejsu VLAN (VLAN10, VLAN20, VLAN30):
 - Włączenie serwera DHCP.
 - Ustawienie zakresu adresów (np. dla VLAN10: od 10.10.10.10 do 10.10.10.100).
 - Dodanie serwerów DNS: 10.10.X.1 (gdzie X to numer VLAN) oraz 1.0.0.2, 1.1.1.1, 8.8.8.8.

4.3. Instalacja serwera Ubuntu, Dockera, Portainera

4.3.1. Tworzenie maszyny wirtualnej dla Ubuntu oraz instalacja systemu

ID VM: 202

Nazwa: docker

OS: Ubuntu Server 22.04. (Live).

Dysk: 250 GB (vm-drives).

CPU: 6 rdzeni.

RAM: 16 GB.

Interfejs sieciowy: podłączony do vmbr1 (LAN) z tagiem VLAN 10.

Instalacja z ustawieniami domyślnymi + dodatkowo instalacja usługi serwera ssh.

Adres IP maszyny przydzielony przez DHCP (10.10.10.10).

4.3.2. Instalacja Dockera na Ubuntu Server

Instalacja zgodnie z dokumentacją – <https://docs.docker.com/engine/install/ubuntu/>

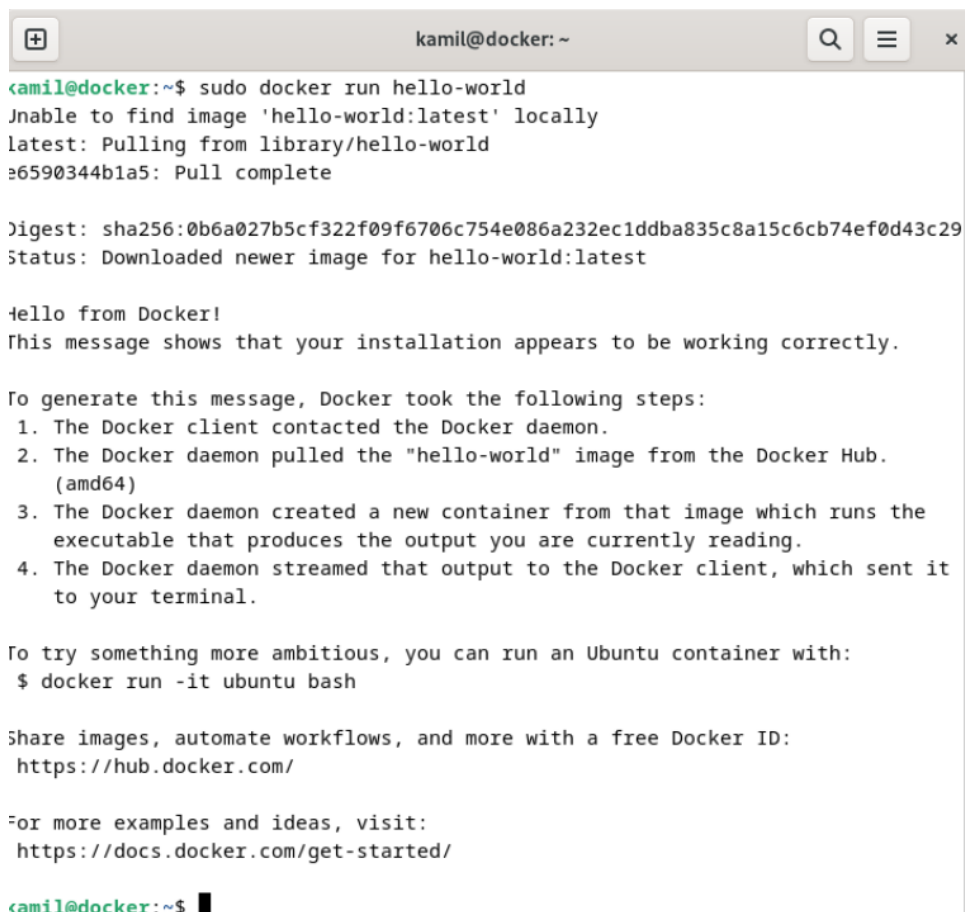
```
#Run the following command to uninstall all conflicting packages:
for pkg in docker.io docker-doc docker-compose docker-compose-v2 podman-docker
containerd runc; do sudo apt-get remove $pkg; done

# Add Docker's official GPG key:
sudo apt-get update
sudo apt-get install ca-certificates curl
sudo install -m 0755 -d /etc/apt/keyrings
sudo curl -fsSL https://download.docker.com/linux/ubuntu/gpg -o
/etc/apt/keyrings/docker.asc
sudo chmod a+r /etc/apt/keyrings/docker.asc

#1. Set up Docker's apt repository.
# Add the repository to Apt sources:
echo \
  "deb [arch=$(dpkg --print-architecture) signed-by=/etc/apt/keyrings/docker.asc]
https://download.docker.com/linux/ubuntu \
  $(. /etc/os-release && echo "${UBUNTU_CODENAME:-$VERSION_CODENAME}") stable" | \
  sudo tee /etc/apt/sources.list.d/docker.list > /dev/null
sudo apt-get update

#2. Install the Docker packages.
sudo apt-get install docker-ce docker-ce-cli containerd.io docker-buildx-plugin
docker-compose-plugin

#3. Verify that the installation is successful by running the hello-world image:
sudo docker run hello-world
```

A terminal window titled 'kamil@docker: ~' showing the output of the command 'sudo docker run hello-world'. The output indicates that the 'hello-world' image was pulled from the Docker Hub and the container executed successfully, displaying a message about Docker's installation and steps taken. The terminal shows the following text:

```
kamil@docker:~$ sudo docker run hello-world
Unable to find image 'hello-world:latest' locally
latest: Pulling from library/hello-world
a6590344b1a5: Pull complete

Digest: sha256:0b6a027b5cf322f09f6706c754e086a232ec1ddba835c8a15c6cb74ef0d43c29
Status: Downloaded newer image for hello-world:latest

Hello from Docker!
This message shows that your installation appears to be working correctly.

To generate this message, Docker took the following steps:
1. The Docker client contacted the Docker daemon.
2. The Docker daemon pulled the "hello-world" image from the Docker Hub.
   (amd64)
3. The Docker daemon created a new container from that image which runs the
   executable that produces the output you are currently reading.
4. The Docker daemon streamed that output to the Docker client, which sent it
   to your terminal.

To try something more ambitious, you can run an Ubuntu container with:
$ docker run -it ubuntu bash

Share images, automate workflows, and more with a free Docker ID:
https://hub.docker.com/

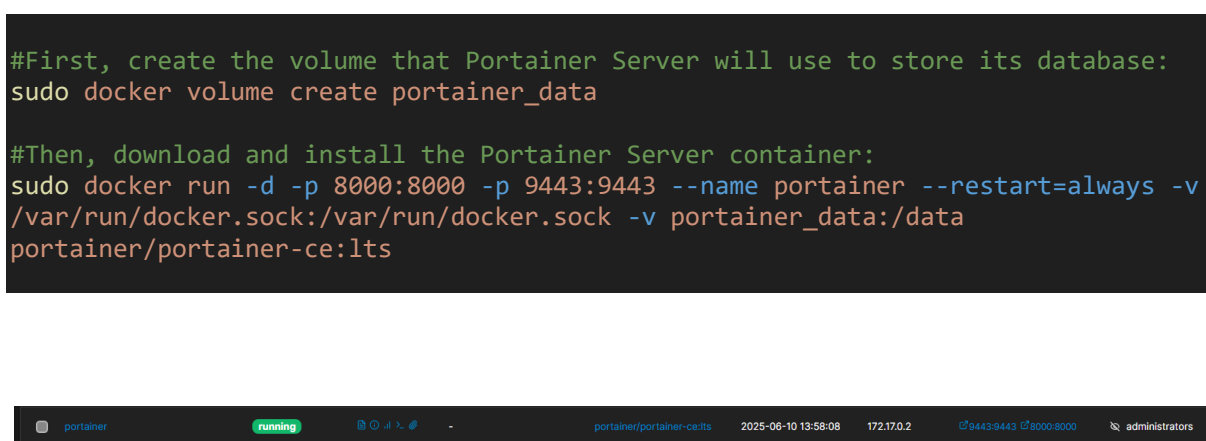
For more examples and ideas, visit:
https://docs.docker.com/get-started/

kamil@docker:~$
```

Rys. 12 – Weryfikacja instalacji i działania Dockera.

4.3.3. Instalacja Portainera (Ubuntu + Docker)

Tak jak w przypadku Dockera, instalacja Portainera zgodnie z oficjalną dokumentacją – <https://docs.portainer.io/start/install-ce/server/docker/linux>

A composite image showing the terminal commands for installing Portainer and a screenshot of the Portainer web interface. The terminal shows the creation of a volume and the running of the Portainer container. The Portainer UI shows the container is running.

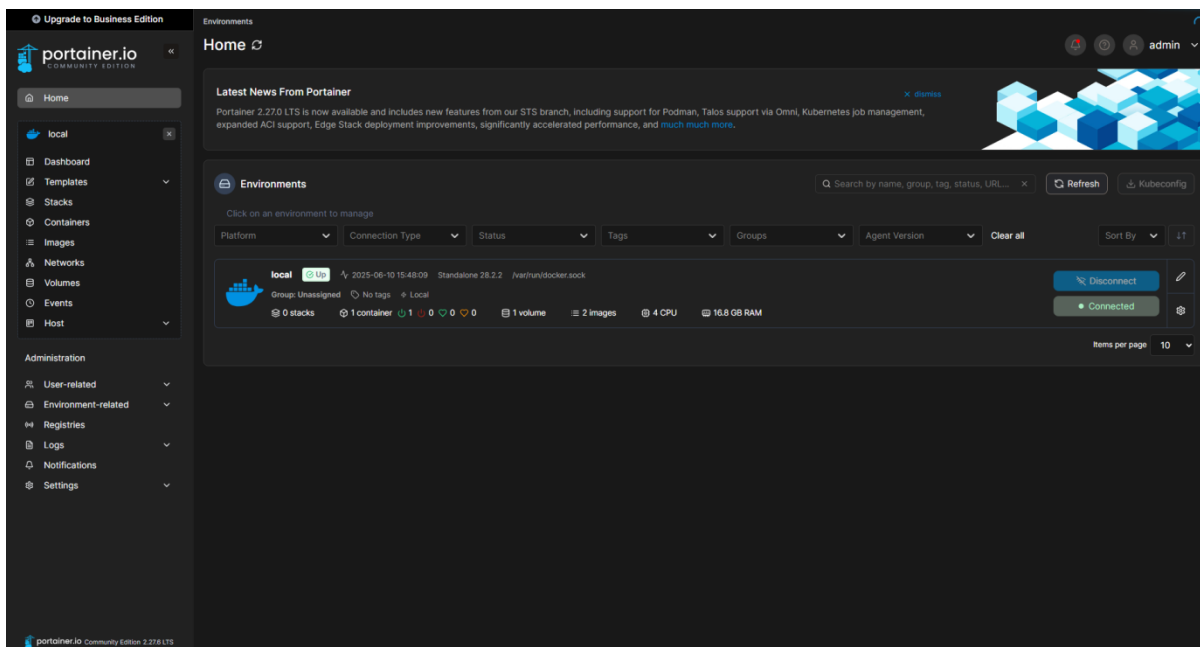
```
#First, create the volume that Portainer Server will use to store its database:
sudo docker volume create portainer_data

#Then, download and install the Portainer Server container:
sudo docker run -d -p 8000:8000 -p 9443:9443 --name portainer --restart=always -v
/var/run/docker.sock:/var/run/docker.sock -v portainer_data:/data
portainer/portainer-ce:latest
```

The Portainer UI screenshot shows a container named 'portainer' in a 'running' state, with details like 'portainer/portainer-ce:latest', '2025-06-10 13:58:08', '172.17.0.2', and '9443:9443 -> 8000:8000'.

Rys. 13 – Uruchomiony kontener - Portainer.

Dostęp do interfejsu webowego Portainera dostępny w sieci z przeglądarki pod adresem **10.10.10.10:9443** (domyślny port portainera).



Rys. 14 – Panel Portainera.

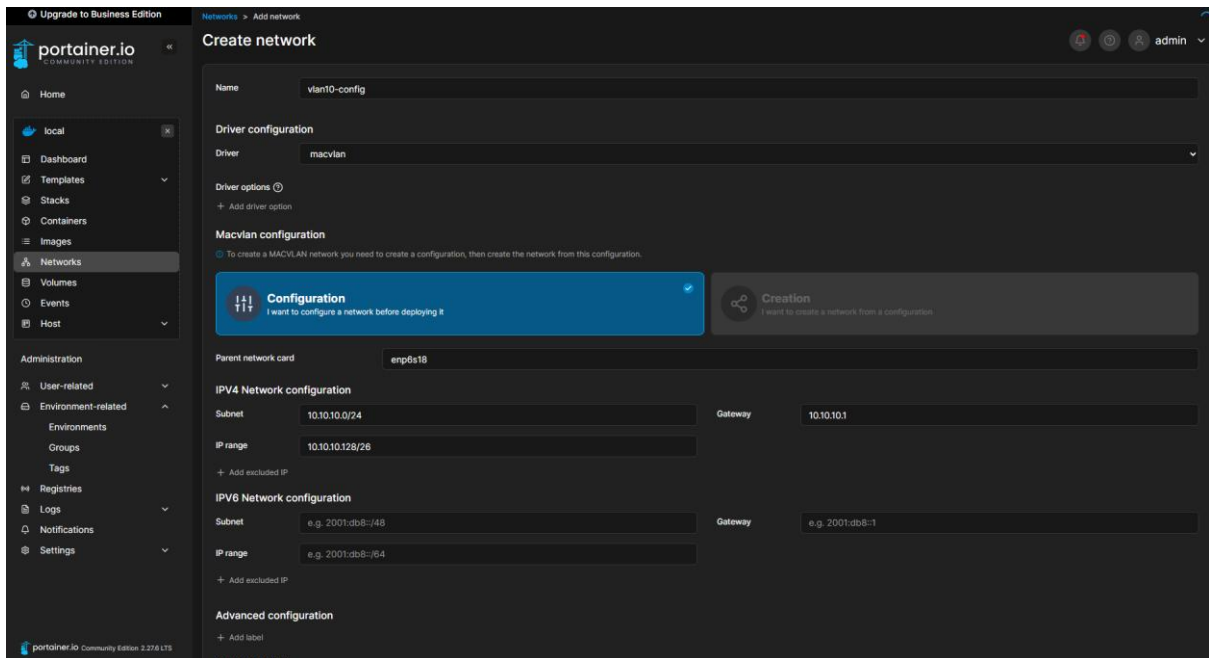
4.3.4. Konfiguracja sieci dla kontenerów Docker

MacVLAN umożliwia każdemu kontenerowi Docker posiadanie własnego, unikalnego adresu MAC i adresu IP w sieci hosta, co sprawia, że wyglądają one jak indywidualne urządzenia w sieci LAN. Jest to idealne rozwiązanie do skanowania podatności na poziomie sieci.

Konfiguracja sprowadza się do dwóch kroków:

1. Utworzenia konfiguracji:

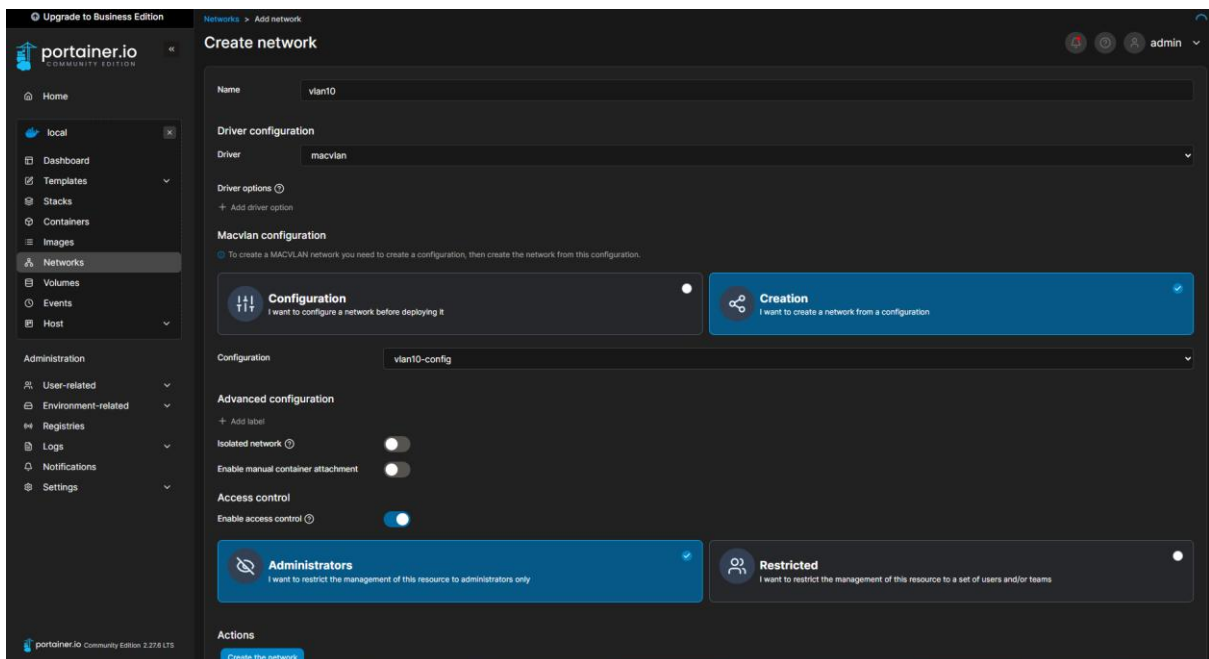
- Networks → Add network
- Name: vlan10-config (nazwa konfiguracji)
- Driver: macvlan
- Macvlan configuration: Configuration: „I want to configure a network before deploying it”
- Parent network card (Nadrzędna karta sieciowa): nazwa interfejsu hosta enp6s18
- IPv4 Network configuration:
 - Subnet: 10.10.10.0/24 (Cała podsieć VLAN 10)
 - Gateway: 10.10.10.1 (brama pfSense dla VLAN 10)
 - IP range: (Zakres adresów IP wewnątrz podsieci 10.10.10.0/24, który nie jest zarezerwowany dla serwera DHCP pfSense dla hostów VM) 10.10.10.128/26 (zapewnia to adresy IP od .129 do .190 dla kontenerów – 62 hosty)
 - Create the Network



Rys. 15 – Portainer – vlan10-config.

2. Wdrożenie konfiguracji:

- Networks → Add network
- Name: vlan10 (nazwa wdrożenia)
- Driver: macvlan
- Macvlan configuration: „Creation: I want to create a network from a configuration”
- Configuration: vlan10-config (wybór sieci konfiguracyjnej)
- Create the network



Rys. 16 – Portainer – vlan10.

4.4. Budowa serwera Wazuh

Wazuh to darmowa platforma SIEM (Security Information and Event Management) oraz XDR (Extended Detection and Response) typu open-source, która pomaga organizacjom wykrywać zagrożenia, monitorować bezpieczeństwo i zachować zgodność.

4.4.1. Tworzenie maszyny wirtualnej oraz instalacja systemu bazowego (Ubuntu)

Wazuh został zainstalowany na bazowym systemie Ubuntu Server 24.04 w taki sam sposób jak w rozdziale 4.3.

ID VM: 205

Nazwa: wazuh

OS: Ubuntu Server 24.04. (Live).

Dysk: 200 GB (vm-drives).

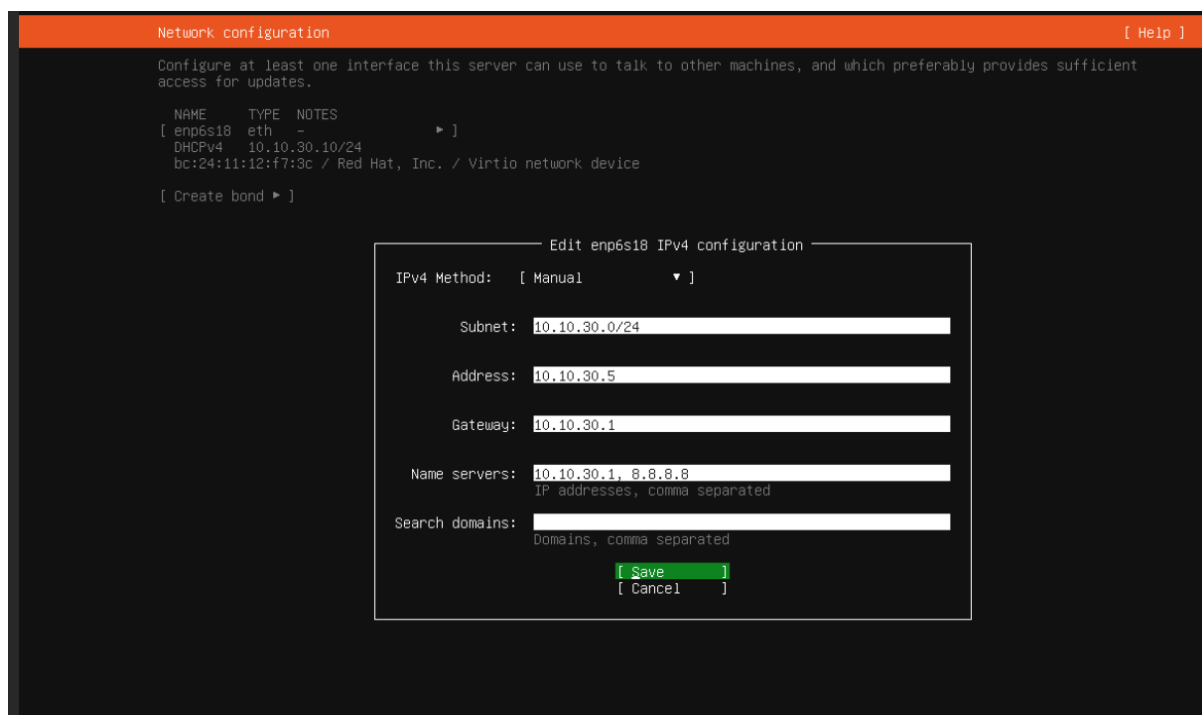
CPU: 8 rdzeni.

RAM: 8 GB.

Interfejs sieciowy: podłączony do vmbr1 (LAN) z tagiem VLAN 30.

Instalacja z ustawieniami domyślnymi + dodatkowo instalacja usługi serwera ssh.

Adres IP maszyny ustawiony statycznie na 10.10.30.5.



Rys. 17 – Instalacja Ubuntu – konfiguracja sieci.

4.4.2. Instalacja Wazuh

Instalacja Wazuh na Ubuntu jest bardzo prosta i sprowadza się do uruchomienia skryptu instalacyjnego **wazuh-install.sh**.

Sposób instalacji jest dokładnie przedstawiony w oficjalnej dokumentacji:

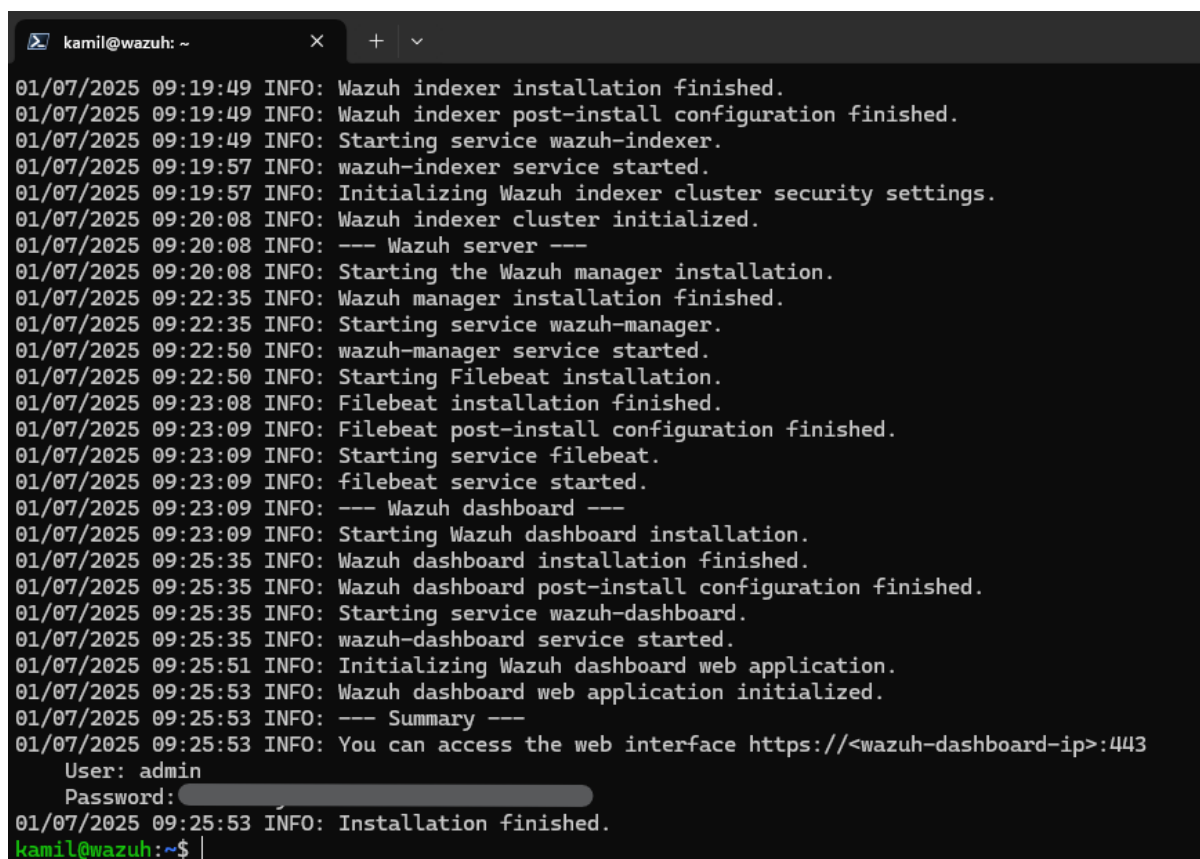
<https://documentation.wazuh.com/current/quickstart.html>

i polega na wykonaniu jednego polecenia:

```
curl -sO https://packages.wazuh.com/4.7/wazuh-install.sh && sudo bash ./wazuh-install.sh -a
```

To polecenie pobiera skrypt instalacyjny Wazuh i uruchamia go z flagą **-a**, która instaluje wszystkie komponenty (Manager, Indexer, Dashboard) na jednym serwerze.

Ważne na tym etapie jest zachowanie hasła do panelu webowego przedstawionego przez instalator.



```
01/07/2025 09:19:49 INFO: Wazuh indexer installation finished.
01/07/2025 09:19:49 INFO: Wazuh indexer post-install configuration finished.
01/07/2025 09:19:49 INFO: Starting service wazuh-indexer.
01/07/2025 09:19:57 INFO: wazuh-indexer service started.
01/07/2025 09:19:57 INFO: Initializing Wazuh indexer cluster security settings.
01/07/2025 09:20:08 INFO: Wazuh indexer cluster initialized.
01/07/2025 09:20:08 INFO: --- Wazuh server ---
01/07/2025 09:20:08 INFO: Starting the Wazuh manager installation.
01/07/2025 09:22:35 INFO: Wazuh manager installation finished.
01/07/2025 09:22:35 INFO: Starting service wazuh-manager.
01/07/2025 09:22:50 INFO: wazuh-manager service started.
01/07/2025 09:22:50 INFO: Starting Filebeat installation.
01/07/2025 09:23:08 INFO: Filebeat installation finished.
01/07/2025 09:23:09 INFO: Filebeat post-install configuration finished.
01/07/2025 09:23:09 INFO: Starting service filebeat.
01/07/2025 09:23:09 INFO: filebeat service started.
01/07/2025 09:23:09 INFO: --- Wazuh dashboard ---
01/07/2025 09:23:09 INFO: Starting Wazuh dashboard installation.
01/07/2025 09:25:35 INFO: Wazuh dashboard installation finished.
01/07/2025 09:25:35 INFO: Wazuh dashboard post-install configuration finished.
01/07/2025 09:25:35 INFO: Starting service wazuh-dashboard.
01/07/2025 09:25:35 INFO: wazuh-dashboard service started.
01/07/2025 09:25:51 INFO: Initializing Wazuh dashboard web application.
01/07/2025 09:25:53 INFO: Wazuh dashboard web application initialized.
01/07/2025 09:25:53 INFO: --- Summary ---
01/07/2025 09:25:53 INFO: You can access the web interface https://<wazuh-dashboard-ip>:443
User: admin
Password:
01/07/2025 09:25:53 INFO: Installation finished.
kamil@wazuh:~$
```

Rys. 18 – Instalacja Wazuh.



Rys. 19 – Okno logowania do panelu Wazuh.

4.4.3. Instalacja agentów Wazuh

Agenci Wazuh zostaną zainstalowani na maszynach: Kali Linux, Docker oraz pfSense. Umożliwi to zbieranie logów z tych maszyn przez serwer Wazuh.

Instalacja agenta na Kali Linux

Przełączenie się na użytkownika Root

```
sudo -i
```

Dodanie repozytorium Wazuh Agent (zgodnie z dokumentacją:

<https://documentation.wazuh.com/current/installation-guide/wazuh-agent/wazuh-agent-package-linux.html> -> sekcja "Deploy a Wazuh agent", zakładka APT):

```
curl -s https://packages.wazuh.com/key/GPG-KEY-WAZUH | gpg --dearmor | tee
/usr/share/keyrings/wazuh.gpg > /dev/null
echo "deb [signed-by=/usr/share/keyrings/wazuh.gpg]
https://packages.wazuh.com/4.x/apt/ stable main" | tee -a
/etc/apt/sources.list.d/wazuh.list
apt-get update
```

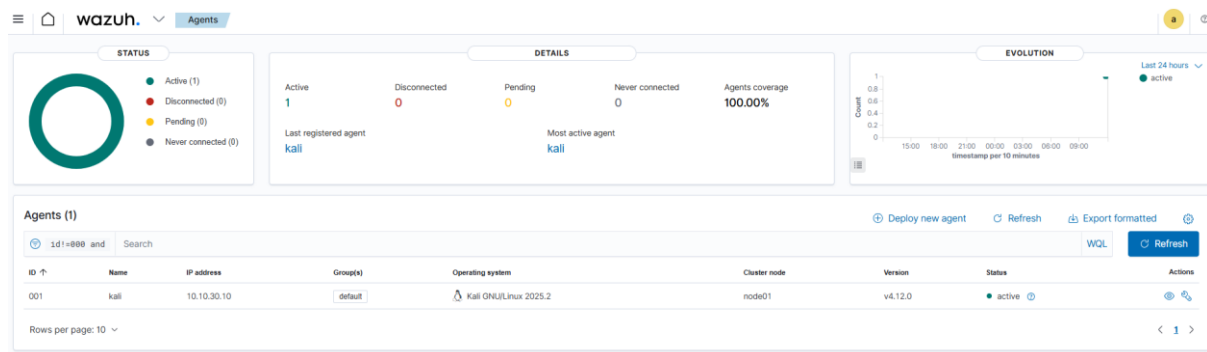
Instalacja agenta Wazuh, wskazując adres IP serwera Wazuh:

```
WAZUH_MANAGER='10.10.30.5' apt-get install wazuh-agent
```

Uruchomienie usługi agenta Wazuh:

```
systemctl daemon-reload
systemctl enable wazuh-agent
systemctl start wazuh-agent
```

Po poprawnej instalacji agent będzie widoczny w panelu managera Wazuh.



Rys. 20 – Agent Wazuh widoczny w panelu managera po instalacji.

Instalacja agenta na maszynie z kontenerami Docker

Procedura instalacji agenta wygląda identycznie jak w przypadku instalacji na maszynie z Kali Linux. Wymagana jest jednak konfiguracja w celu szczegółowego monitorowania kontenerów. Dodatkowo zgodnie z dokumentacją należy:

```
pip3 install docker==7.1.0 urllib3==1.26.20 requests==2.32.2 --break-system-packages

# Add the following configuration to the Wazuh agent configuration file
/var/ossec/etc/ossec.conf to enable the Docker listener
nano /var/ossec/etc/ossec.conf

<wodle name="docker-listener">
  <disabled>no</disabled>
</wodle>

# Restart the Wazuh agent to apply the changes:
systemctl restart wazuh-agent
```

Poza tym w managerze Wazuh należy włączyć opcję monitorowania kontenerów:

Settings → Modules → Threat Detection and Response → Docker listener → ON

Instalacja agenta na zaporze pfSense

W tym przypadku procedura wygląda trochę inaczej z racji tego, że pfSense to FreeBSD.

```

cd /usr/local/etc/pkg/repos/

nano pfSense.conf
nano FreeBSD.conf

# Change the following lines to pfSense.conf and FreeBSD.conf
FreeBSD: { enabled: true }

pkg update

pkg search wazuh-agent

pkg install wazuh-agent-4.12.0 # or the latest version

cp /etc/localtime /var/ossec/etc/

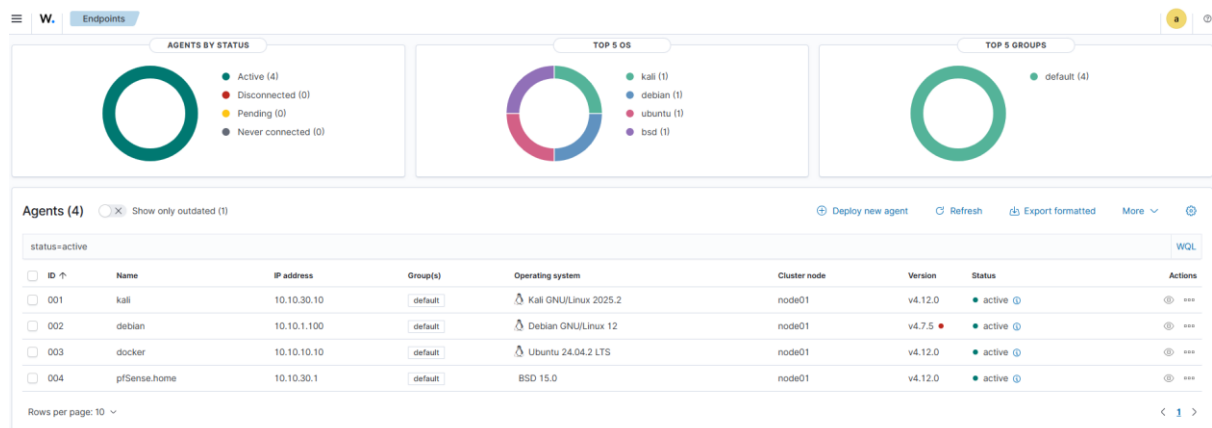
nano /var/ossec/etc/ossec.conf
# Change the following lines to ossec.conf
<server>
  <address>10.10.30.5</address>
  <port>1514</port>
</server>

# Enable the Wazuh agent service
sysrc wazuh_agent_enable="YES"

ln -s /usr/local/etc/rc.d/wazuh-agent /etc/rc.d/wazuh-agent.sh

service wazuh-agent start

```



Rys. 21 – Lista zainstalowanych i uruchomionych agentów.

4.5. Budowa kontrolera domeny (Windows Server 2022)

4.5.1. Tworzenie maszyny wirtualnej oraz instalacja Windows Server 2022

ID VM: 206

Nazwa: winsrv2022











OS: Windows Server 2022

Dysk: 200 GB (vm-drives).

CPU: 6 rdzeni.

RAM: 8 GB.

Interfejs sieciowy: podłączony do vmbr1 (LAN) z tagiem VLAN 20.

	Memory	8.00 GiB
	Processors	6 (1 sockets, 6 cores) [x86-64-v2-AES]
	BIOS	OVMF (UEFI)
	Display	Default
	Machine	pc-q35-9.2+pve1
	SCSI Controller	VirtIO SCSI single
	Hard Disk (scsi0)	vm-drives:206/vm-206-disk-1.qcow2,iothread=1,size=200G
	Network Device (net0)	rtl8139=BC:24:11:A2:E4:38,bridge=vmbr1,firewall=1,tag=20
	EFI Disk	vm-drives:206/vm-206-disk-0.qcow2,efitype=4m,pre-enrolled-keys=1,size=528K
	TPM State	vm-drives:206/vm-206-disk-2.raw,size=4M,version=v2.0

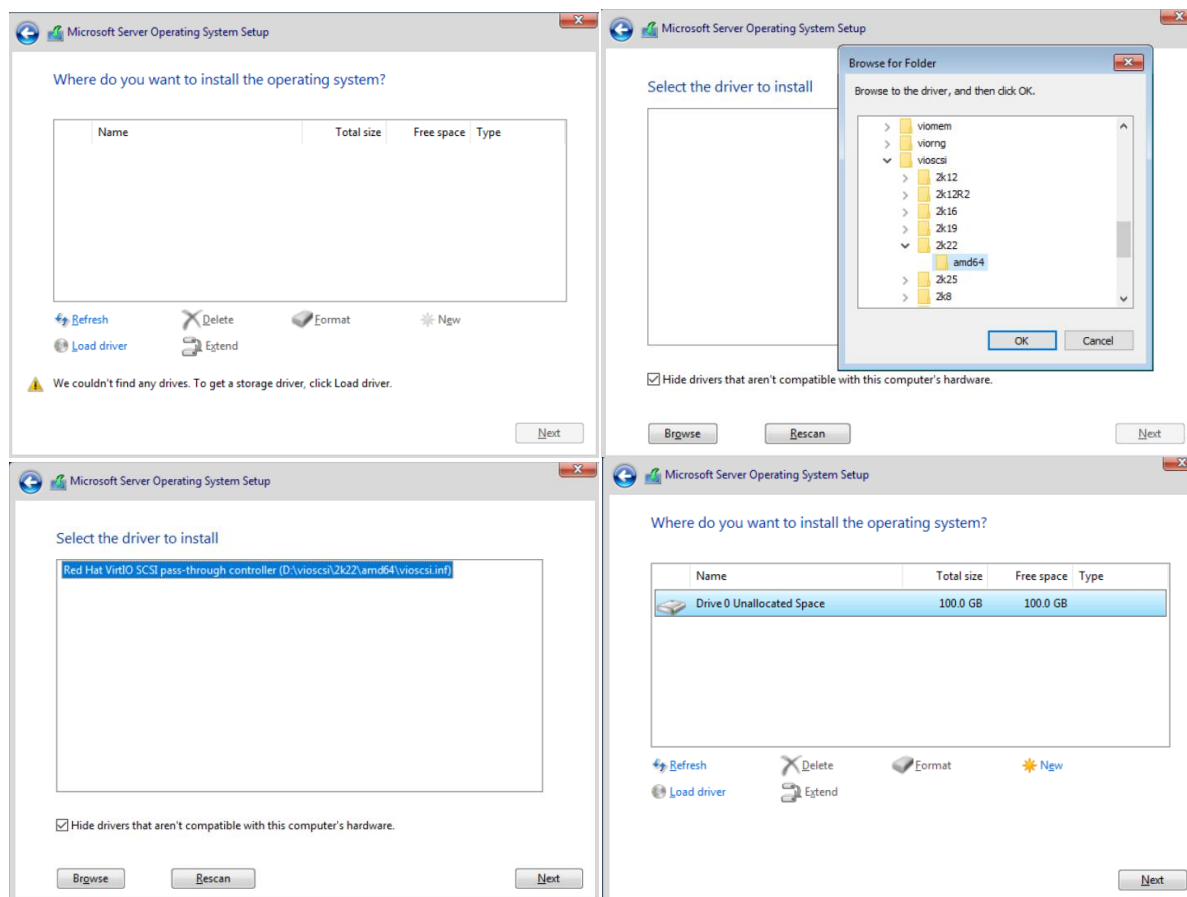
Rys. 22 – Konfiguracja maszyny wirtualnej Windows Server 2022.

Name	winsrv2022
Start at boot	Yes
Start/Shutdown order	order=any
OS Type	Microsoft Windows 11/2022/2025
Boot Order	scsi0, net0
Use tablet for pointer	Yes
Hotplug	Disk, Network, USB
ACPI support	Yes
KVM hardware virtualization	Yes
Freeze CPU at startup	No
Use local time for RTC	Default (Enabled for Windows)
RTC start date	now
SMBIOS settings (type1)	uuid=5caf71ff-321a-44dd-9906-d6fff704ddf2
QEMU Guest Agent	Default (Disabled)
Protection	No
Spice Enhancements	none
VM State storage	Automatic
AMD SEV	Default (Disabled)

Rys. 23 – Konfiguracja maszyny wirtualnej Windows Server 2022 (2).

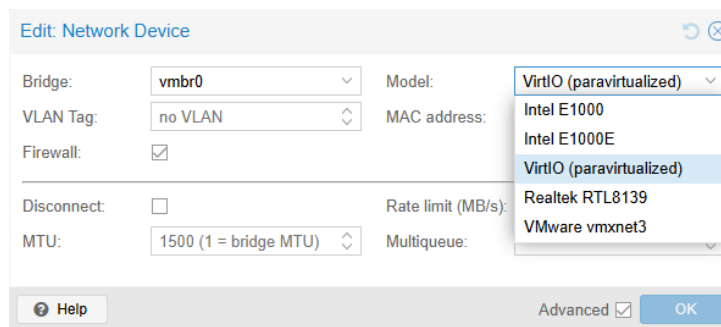
Zainstalowana wersja systemu to dokładnie *Standard Evaluation (Desktop Experience)*. Podczas instalacji wystąpił problem w postaci niewykrycia przez instalator podłączonego

dysku do maszyny wirtualnej. Rozwiązaniem tego problemu jest załadowanie odpowiednich sterowników kontrolera SCSI (virtio-win-0.1.266.iso).



Rys. 24 – Problem z wykrywaniem dysku podczas instalacji Windows Server 2022.

Po instalacji okazało się, że problem występuje także z interfejsem sieciowym – domyślny model urządzenia sieciowego w Proxmox (VirtIO) nie jest rozpoznawany przez system Windows. Rozwiązaniem w tym wypadku jest prosta zmiana typu urządzenia w konfiguracji maszyny wirtualnej (np. na Realtek RTL8139).



Rys. 25 – Zmiana modelu karty sieciowej maszyny z Windows Server 2022.

4.5.2. Podstawowa konfiguracja systemu Windows Server 2022 po instalacji

1. Konfiguracja statycznego adresu IP:

Adres IP: 10.10.20.10

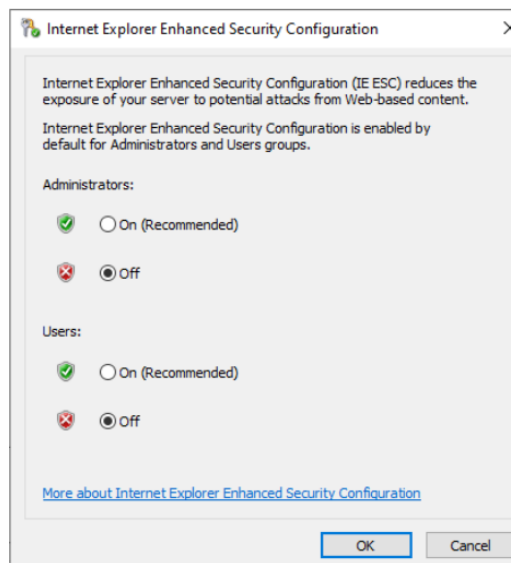
Maska podsieci: 255.255.255.0

Brama domyślna: 10.10.20.1 (Adres IP pfSense dla tej sieci VLAN)

2. Zmiana nazwy komputera: winsrv2022

3. Wyłączenie *IE Enhanced Security Configuration*:

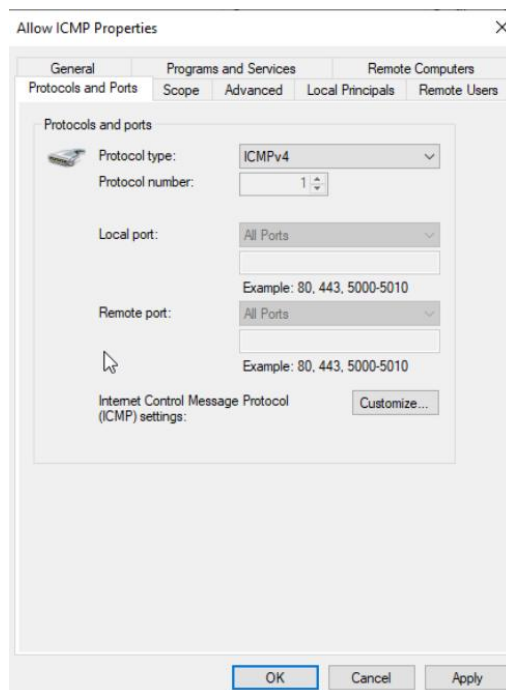
IE ESC ma za zadanie znacząco zwiększyć bezpieczeństwo podczas przeglądania stron w Internet Explorerze, jednak przy świadomym korzystaniu oraz środowisku serwerowym gdzie dostęp mają z reguły świadome osoby ta opcja sprawia więcej problemów niż pożytku.



Rys. 26 – Wyłączenie IE ESC w Windows Server 2022.

4. Zezwalanie na ruch ICMP przez zaporę systemową:

ICMP służy do kontroli transmisji danych w sieci, dostarczając informacje o błędach i statusie sieci. W celu włączenia lub wyłączenia możliwości odpowiadania na żądania ICMP (ping), należy przejść do Zapory systemu Windows Defender, sekcji "Ustawienia zaawansowane" i odnaleźć odpowiednie reguły ruchu przychodzącego.



Rys. 27 – Zezwolenie na ruch ICMP.

4.5.3. Uruchomienie ról: Active Directory Domain Services (AD DS), DHCP i DNS

Po ponownym uruchomieniu i zalogowaniu się jako administrator w Menagerze Serwerów należy przejść do Manage → Add Roles and Features.

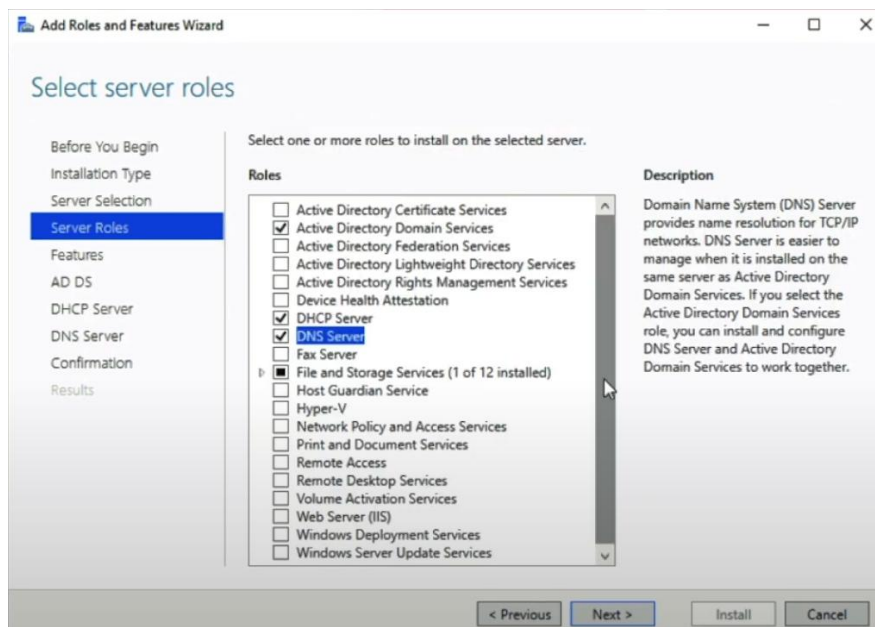
Zaznaczyć następujące role:

"Active Directory Domain Services" – po zaznaczeniu, wyskoczy okno z prośbą o dodanie wymaganych funkcji "Add Features"

"DHCP Server" – jw., wyskoczy okno, należy kliknąć "Add Features"

"DNS Server" – jw., wyskoczy okno, należy kliknąć "Add Features"

Należy potwierdzić wybór oraz kliknąć *Install*. Proces może zająć chwilę czasu, a serwer może się zrestartować.



Rys. 28 – Dodanie ról do serwera: AD DS., DHCP, DNS.

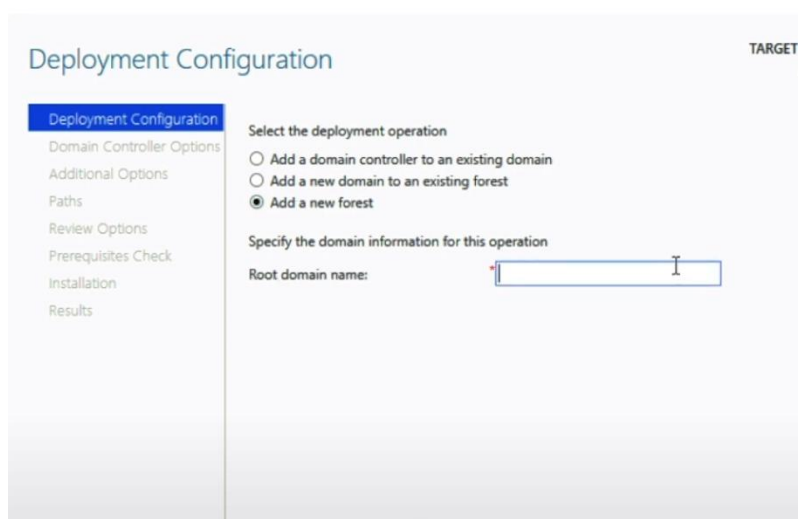
Podniesienie serwera do rangi kontrolera domeny (Promoting to Domain Controller)

Po zakończeniu instalacji ról, należy kliknąć ikonę flagi (powiadomień) w prawym górnym rogu Menagera Serwerów, następnie "Promote this server to a domain controller" (Podnieś ten serwer do rangi kontrolera domeny).

Po restarcie na ekranie "Konfiguracja wdrożenia" (Deployment Configuration):

Wybrać opcję "Dodaj nowy las" (Add a new forest).

Nazwa domeny głównej (Root domain name): kamil.local



Rys. 29 – Ustawienie domeny.

W zakładce "Opcje dodatkowe" (Additional Options): należy sprawdzić nazwę domeny NetBIOS (powinna być taka jak część nazwy domeny głównej przed kropką, czyli w tym wypadku *kamil*).

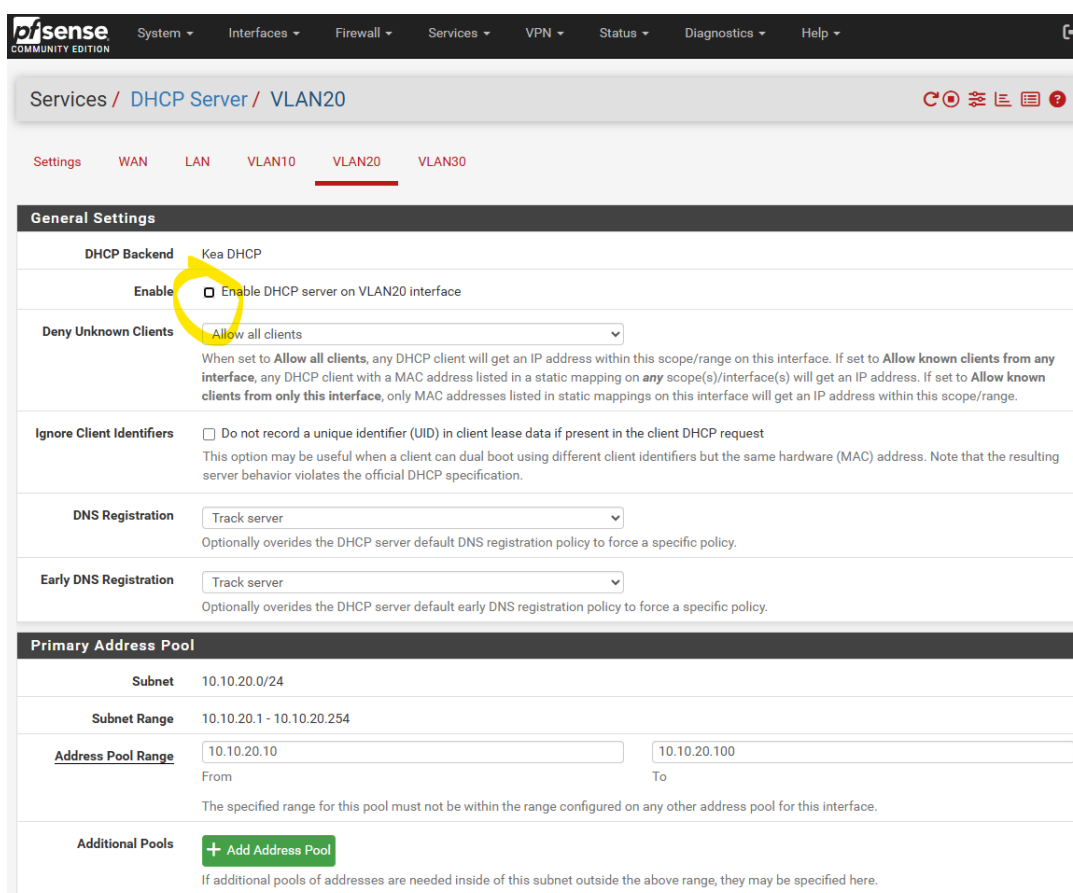
Serwer zostanie automatycznie ponownie uruchomiony po zakończeniu instalacji.

4.5.4. Przeniesienie usługi DHCP z pfSense do Windows Server 2022

Przejęcie roli serwera DHCP przez serwer Windows dla podsieci VLAN20 – z racji tego, że jest to sieć wydzielona tylko dla maszyn Windows.

Pierwszy krok to oczywiście wyłączenie usługi serwera DHCP na pfSense:

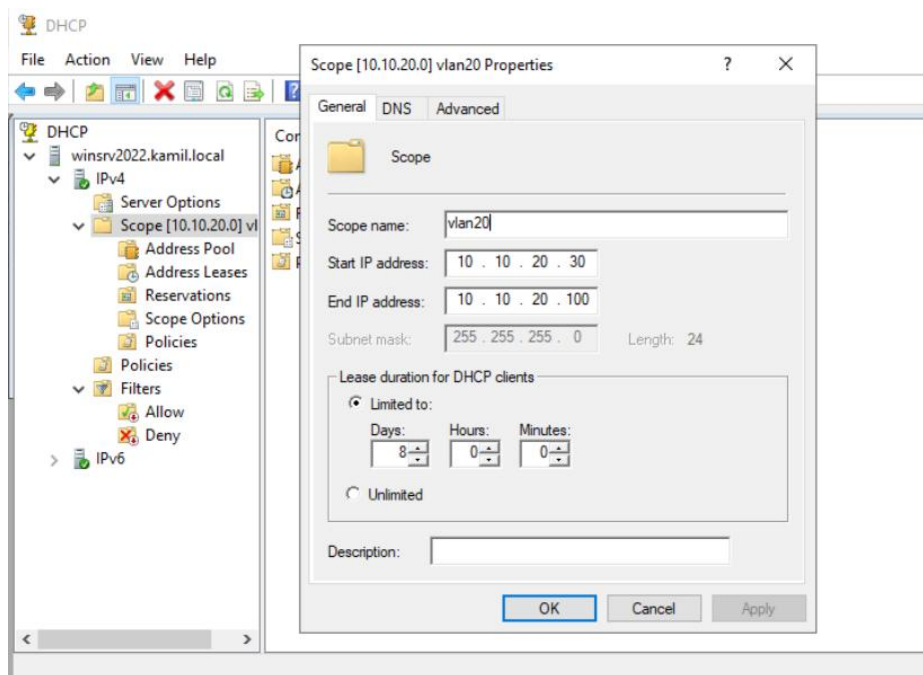
Services → DHCP Server → VLAN20 → Disable "Enable DHCP server on VLAN20 interface"



Rys. 30 – Wyłączenie usługi DHCP na pfSense dla VLAN20.

Następnie utworzenie nowego *Scope* w usłudze DHCP na Windows Server 2022.

DHCP → IPv4 → New Scope



Rys. 31 – VLAN20 na Windows Server 2022.

4.6. Budowa maszyny klienckiej Windows (Windows 10)

4.6.1. Tworzenie maszyny wirtualnej oraz instalacja Windows 10

ID VM: 207

Nazwa: win10











OS: Windows 10 64-bit

Dysk: 100 GB (vm-drives).

CPU: 6 rdzeni.

RAM: 8 GB.

Interfejs sieciowy: podłączony do vmbr1 (LAN) z tagiem VLAN 20.

<div> Add Remove Edit Disk Action Revert </div>		
	Memory	8.00 GiB
	Processors	6 (1 sockets, 6 cores) [host]
	BIOS	OVMF (UEFI)
	Display	Default
	Machine	pc-q35-9.2+pve1
	SCSI Controller	VirtIO SCSI single
	Hard Disk (scsi0)	vm-drives:207/vm-207-disk-1.qcow2,iothread=1,size=100G
	Network Device (net0)	rtl8139=BC:24:11:EC:75:EF,bridge=vmbri1,firewall=1,tag=20
	EFI Disk	vm-drives:207/vm-207-disk-0.qcow2,efitype=4m,pre-enrolled-keys=1,size=528K
	TPM State	vm-drives:207/vm-207-disk-2.raw,size=4M,version=v2.0

Rys. 32 – Konfiguracja maszyny wirtualnej Windows 10.

Name	win10
Start at boot	No
Start/Shutdown order	order=any
OS Type	Microsoft Windows 11/2022/2025
Boot Order	scsi0
Use tablet for pointer	Yes
Hotplug	Disk, Network, USB
ACPI support	Yes
KVM hardware virtualization	Yes
Freeze CPU at startup	No
Use local time for RTC	Default (Enabled for Windows)
RTC start date	now
SMBIOS settings (type1)	uuid=7f721081-8287-43b1-8542-f6e131038807
QEMU Guest Agent	Enabled
Protection	No
Spice Enhancements	none
VM State storage	Automatic
AMD SEV	Default (Disabled)

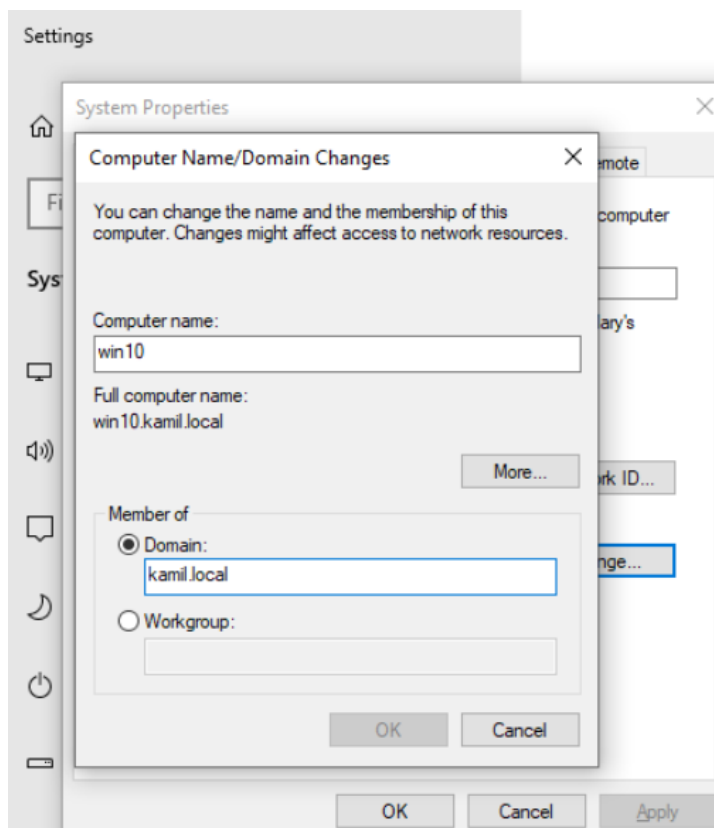
Rys. 33 – Konfiguracja maszyny wirtualnej Windows 10 (2).

Instalacja z ustawieniami domyślnymi. Wystąpiły te same problemy jak w przypadku instalacji Windows Server, czy problem z wykrywaniem dysku oraz adaptera sieciowego.

4.6.2. Podłączenie do domeny oraz weryfikacja poprawności połączenia

Podłączenie do domeny można zrealizować z poziomu:

"This PC" -> "Properties" -> "Advanced system settings" -> "Computer Name" -> "Change" -> wybrać opcję "Domain" i wprowadzić nazwę swojej domeny (kamil.local). Następnie należy podać poświadczenia administratora domeny i konieczny będzie restart systemu.



Rys. 34 – Dołączanie komputera do domeny.

Weryfikacja poprawności podłączenia do domeny oraz otrzymania adresacji przez serwer DHCP.

```
Command Prompt
C:\Users\kamilskra>ipconfig /all

Windows IP Configuration

Host Name . . . . . : win10
Primary Dns Suffix . . . . . : kamil.local
Node Type . . . . . : Hybrid
IP Routing Enabled. . . . . : No
WINS Proxy Enabled. . . . . : No
DNS Suffix Search List. . . . . : kamil.local

Ethernet adapter Ethernet:

Connection-specific DNS Suffix . : kamil.local
Description . . . . . : Realtek RTL8139C+ Fast Ethernet NIC
Physical Address. . . . . : BC-24-11-EC-75-EF
DHCP Enabled. . . . . : Yes
Autoconfiguration Enabled . . . . : Yes
Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::167b:7687:ae18:5943%6(Preferred)
IPv4 Address. . . . . : 10.10.20.30(Preferred)
Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
Lease Obtained. . . . . : Friday, August 1, 2025 12:21:42 PM
Lease Expires . . . . . : Saturday, August 9, 2025 12:21:43 PM
Default Gateway . . . . . : 10.10.20.1
DHCP Server . . . . . : 10.10.20.10
DHCPv6 IAID . . . . . : 247211025
DHCPv6 Client DUID. . . . . : 00-01-00-01-2F-F9-CD-17-BC-24-11-EC-75-EF
DNS Servers . . . . . : 10.10.20.10
NetBIOS over Tcpip. . . . . : Enabled

C:\Users\kamilskra>
```

Rys. 35 – Weryfikacja poprawności konfiguracji Windows 10.

5. Podsumowanie

Podczas realizacji projektu, zbudowano elastyczną i skalowalną architekturę sieciową opartą na platformie wirtualizacyjnej Proxmox, wykorzystującą firewall pfSense do segmentacji sieci za pomocą VLANów (VLAN 10 dla Linux/Docker, VLAN 20 dla Windows, VLAN 30 dla narzędzi bezpieczeństwa). Takie podejście nie tylko zapewnia izolację poszczególnych środowisk, ale także otwiera drogę do łatwej rozbudowy o dodatkowe podsieci i komponenty w przyszłości. W trakcie realizacji projektu napotkano na typowe wyzwania techniczne, takie jak problemy z wykrywaniem dysków czy interfejsów sieciowych podczas instalacji systemów Windows na maszynach wirtualnych czy też konieczność specyficznej konfiguracji agenta Wazuh na środowisku Docker. Wszystkie te problemy zostały skutecznie zdiagnozowane i rozwiązane.