

Mika Marjamaa

**RAID-JÄRJESTELMÄÄ VASTAAVA JÄRJESTELMÄ USB-TIKUILLE**

Insinöörityö  
Kajaanin ammattikorkeakoulu  
Tekniikka ja liikenne  
Tietotekniikka  
Syksy 2011



Koulutusala Tekniikka ja liikenne	Koulutusohjelma Tietotekniikka
Tekijä(t) Mika Marjamaa	
Työn nimi RAID-järjestelmää vastaava järjestelmä USB-tikuille	
Vaihtoehdot ammattipinnot Tietoturva	Ohjaaja(t) Jukka Heino Toimeksiantaja Ismo Talus
Aika Syksy 2011	Sivumäärä ja liitteet 30
<p>Tämän opinnäytetyön tavoite oli määrittää, pystytäänkö RAID-järjestelmää (Redundant Array of Independent Disks) vastaava järjestelmä toteuttamaan USB-tikkuja käyttäen.</p> <p>RAID on järjestelmä, jolla pyritään parantamaan tietokonelaitteistojen tietoturvaa tai suorituskykyä. Tietoturvaa pyritään parantamaan automatisoimalla varmuuskopiointi tai hajauttamalla tiedot ja laskemalla tiedoista tarkistuslukuja. Lasketut tarkistusluvut voidaan myös hajauttaa useammalle levyille tai niitä varten voidaan varata oma kiintolevy, joissain tapauksissa jopa useita kiintolevyjä.</p> <p>Insinööriydessä esitetään RAID-tasojen 0, 1 ja 5 toimintaperiaatteet, sekä toteutetaan näitä periaatteita noudattavat järjestelmät USB-tikuille Ubuntu Linux-järjestelmässä. Linuxiin RAID-järjestelmää vastaavan järjestelmän luonti USB-tikuille Ubuntulla oli helppoa. Havaittiin että Ubuntu Linuxiin sisään rakennettu ohjelmallinen RAID-ohjain pystyy käsittelemään myös USB-tikkuja. USB-tikkujen käsittelyyn tarvittiin avuksi kuitenkin myös mdadm niminen ohjelma, joka mahdollistaa ohjelmallisen RAID-ohjaimen hallinnan Ubuntu terminaalien välityksellä. Windows-järjestelmille järjestelmien luonti ei onnistunut johtuen Windows-käyttöjärjestelmien ominaisuuksista. Windows rajoittaa huomattavasti Linuxia enemmän käyttäjän mahdollisuuksia vaikuttaa käyttöjärjestelmän ja siihen kytkettyjen laitteiden toimintaan. Tästä johtuen Windows on joissain tapauksissa käyttäjäystävällisempi kuin Linux, koska käyttäjä, joka ei tiedä mitä tekee, ei voi vahingossa tuhota esimerkiksi tärkeitä järjestelmätiedostoja. Toisaalta edellä mainittu rajoitus estää myös niitä, jotka tietävät mitä ovat tekemässä, tekemästä muutoksia käyttöjärjestelmään tai järjestelmään kytkettyihin laitteisiin.</p> <p>Vaikka työ olikin erittäin mielenkiintoinen ja jonkinasteista parannusta tehokkuuteen saatiin aikaiseksi, ei kyseisestä järjestelmästä ole merkittävää käytännön hyötyä.</p>	
Kieli	Suomi
Asiasanat	USB, RAID, ohjelmallinen RAID
Säilytyspaikka	<input checked="" type="checkbox"/> Verkkokirjasto Theseus <input checked="" type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto



School School of Engineering	Degree Programme Information Technology
Author(s) Mika Marjamaa	
Title A RAID Corresponding System for USB Key Drives	
Optional Professional Studies Data Security	Instructor(s) Mr Jukka Heino
	Commissioned by Mr Ismo Talus
Date Autumn 2011	Total Number of Pages and Appendices 30
<p>The purpose of this Bachelor's thesis was to create a system corresponding to Redundant Array of Independent Disks, also known as RAID, but out of USB Key Drives.</p> <p>RAID is a system that aims to improve a computer system's data security and/or performance. Data security is improved either by automated back upping or stripping data and distributing it on many separated physical disks. Usually parity data is calculated for this stripped data. Parity data is calculated because in a case of one disk malfunctioning, the lost data can be reconstructed using parity data and remaining data.</p> <p>A system that corresponds to RAID levels 0, 1 and 5 was created using Ubuntu Linux. Windows XP and Windows 7 were also tested, but the attempts to create this kind of system for these operating systems failed.</p> <p>The tests to accomplish the objective of this thesis were really interesting, but in the end the product was judged practically useless, even if some improvement was noticed in the performance of the combined memory devices.</p>	
Language of Thesis	Finnish
Keywords	USB,RAID, Software RAID
Deposited at	<input checked="" type="checkbox"/> Electronic library Theseus <input checked="" type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences

## ALKUSANAT

Tämä työ toteutettiin erään opettajan uteliaisuuden tyydyttämiseksi.

## ERIKOISKIITOKSET

Jukka Heinolle, tämän insinöörityön ohjaavalle opettajalle, jonka kanssa käydyt keskustelut antoivat uskoa lopputyön onnistumiseen ja autoivat motivaation ylläpitämisessä.

Ystäväilleni HaKovalalle ja Pudetskille, jotka jaksoivat kuunnella nurinaani, kun työ ei tuntunut etenevän ja joiden kanssa käydyt keskustelut poikkeuksetta antoivat uusia ideoita ja näkökulmia milloin mitään ongelmaa ratkoessa.

Kajaanin ammattikorkeakoulun mikrotuelle, joka toimitti tarvittavan laitteiston ja ohjelmiston kiitettävän nopeasti.

Vanhemmilleni, joiden jatkuva patistelu ja työn etenemiskyselyt olivat ajaa minut hulluuden partaan yli, mutta omalta osaltaan vaikuttivat myönteisesti työn etenemistähtiin.

Ja viimeisenä, mutta ei vähäisimpänä. Tässä vaiheessa (1.11.2011) vielä tulevalle koiralleni Herolle, joka oli ehtymätön motivaation lähde.

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 RAID	2
3 USB-RAID:N LUONTIIN TARVITTAVAT LAITTEET	6
4 USB-RAID:N LUONTI LINUXISSA	7
4.1 Linux	7
4.2 USB-RAID:n luontiin tarvittavat ohjelmat	7
4.3 Esivalmistelut	8
4.4 USB-RAID 0	12
4.5 USB-RAID 1	14
4.6 USB-RAID 5	18
5 USB-RAID-ASEMAN LUONTI WINDOWSISSA	22
5.1 Windows XP	22
5.2 Windows 7 Professional	23
6 TULOsten KÄSITTELY	26
7 POHDINTAA	29
8 YHTEENVETO	30
LÄHTEET	32

## TERMIEN SELITYKSET

- Disk Utility:** Ubuntu Linuxin vakio-osa. Muistilaitteiden, kuten sisäisten kiintolevyjen, USB-tikkujen ja USB-kiintolevyjen graafinen hallintatyökalu.
- distro** Jakeluversio. Esimerkiksi Linuxin eri jakeluversioita ovat muun muassa Ubuntu, Gentoo, Fedoracore. Väännös englannin distribution-sanasta.
- fdisk:** Ubuntu Linuxin vakio-osa, joka mahdollistaa muistilaitteiden ominaisuuksien muokkaamisen tekstipohjaisesti terminaalin kautta.
- mdadm:** Ohjelma, joka mahdollistaa Ubuntu Linuxiin sisäänrakennetun ohjelmallisen RAID-ohjaimen hallinnan terminaalin kautta.
- mount:** Linux-käsky, jolla tietokoneeseen kytketyt muistilaitteet kytketään aktiivisiksi niin, että ne näkyvät myös tiedoston hallintatyökaluille.
- RAID:** Redundant Array of Independent Disks. Kiintolevyjen hallintajärjestelmä, jolla pyritään parantamaan järjestelmän vikasietoisuutta tai suorituskykyä.
- sync:** Linux-käsky, joka pakottaa Linuxin kirjoittamaan työmuistissa olevat tallennettaviksi määrätyt tiedot pysyvään muistiin.
- terminaali:** Perinteinen tekstipohjainen käyttöliittymä.
- unmount:** Päinvastoin kuin mount, unmount muuttaa halutun muistilaitteen epäaktiiviseen tilaan, niin että kyseisen laitteen ominaisuuksia voidaan muokata, tai laite voidaan irrottaa turvallisesti.
- USB-RAID:** Järjestelmä, jota tässä työssä pyritään toteuttamaan. RAID-järjestelmää vastaava järjestelmä, mutta USB-tikuille.

## 1 JOHDANTO

Tämä dokumentti on kuvaus insinöörityöstä, jonka tavoite oli määrittää, onko USB-tikuista mahdollista luoda RAID-asemaa vastaava järjestelmä. Sitä kutsutaan tässä työssä USB-RAID:ksi. USB-RAID pyrittiin luomaan Linux järjestelmille, Windows XP:lle ja Windows 7 Professionalille.

RAID eli Redundant Arrays of Independent Disks on tietokoneen tietoturvallisuuden tai suoritus kyvyn parantamiseen kehitetty järjestelmä, joka julkaistiin alun perin 1988 nimellä Redundant Arrays of Inexpensive Disks. [1, s. 1.]

RAID koostui alun perin viidestä perustasosta (1–5), mutta myöhemmin lisättiin tasot 0 ja 6. Tässä työssä perehdytään ainoastaan RAID tasoihin 0, 1 ja 5, koska nämä tasot ovat yleisesti eniten käytetyt ja koska työn ohjaaja halusi, että näihin tasoihin keskitytään erityisesti. RAID esitetään tarkemmin tässä työssä oman otsakkeensa alla.

Tämän työn tavoitteena on siis luoda RAID:n tasoja 0, 1 ja 5 vastaavat järjestelmät käyttäen USB-tikkuja. Kyseiset järjestelmät pyritään luomaan sekä Linuxille että Windows XP ja 7 -käyttöjärjestelmille.

## 2 RAID

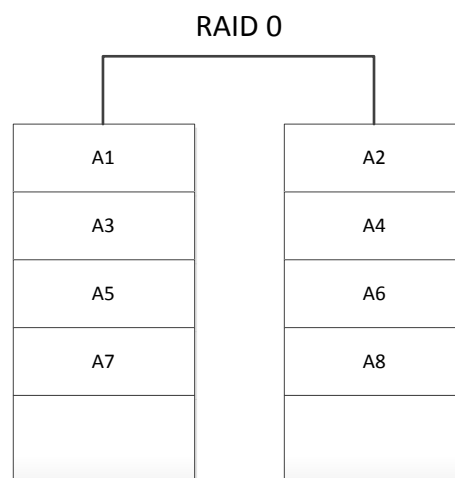
Tässä luvussa esitellään lyhyesti työn taustana olevan RAID-järjestelmän perusasiat. RAID:n tasot 0, 1 ja 5 esitellään tarkemmin kuin muut tasot, koska edellä mainitut ovat yleisimmin käytetyt RAID-tasot ja RAID 1 voi olla USB-muisteja käytettäessä vastaavassa järjestelmässä hyödyllisin. Tämä väittämä perustellaan myöhemmin kohdassa, jossa keskitytään nimenomaan RAID 1:n ominaisuuksiin.

RAID alun perin Redundant Array of Inexpensive Disks on David A. Pattersonin, Garth Gibsonin ja Randy H. Katzin 1988 esittelemä menetelmä, jolla pyritään luomaan halvoilla kiintolevyillä järjestelmä, jonka luotettavuus, nopeus ja kestävyys ovat samaa luokkaa kuin huomattavasti kalliimpien suurten yksittäisten kiintolevyjen vastaavat ominaisuudet. [1, s. 1.]

RAID koostuu nykyään seitsemästä eri perustasosta, joista taso 0 antaa vähiten ja taso 6 eniten hyötyä, jos vertailuperusteena on tietoturva. Koska RAID toimii myös kalliille suurille kiintolevyille, on nykyään viralliseksi nimeksi hyväksytty Redundant Array of Independent Disks.

### RAID 0

RAID 0 -tallennuksen periaate on esitetty kuvassa 1. A1–A8 ovat yhden tiedoston hajautettuja osia.



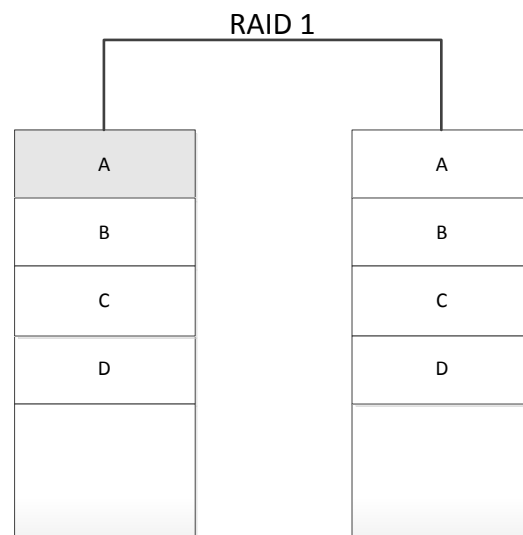
Kuva 1. RAID 0 -tallennuksen periaate.



RAID 0 ei paranna tietoturvaa käytännössä lainkaan. Tämän tason avulla kaksi tai useampia fyysisiä kiintolevyjä yhdistetään yhdeksi loogiseksi levyksi niin, että näiden erillisten kiintolevyjen tallennuskapasiteetti näkyy tietokoneen käyttäjälle yhtenä suurena tallennustilana. Tason 0 käyttäminen parantaa kuitenkin suorituskykyä, koska kirjoitettava data jaetaan pienempiin osiin ja eri osia voidaan kirjoittaa yhtä aikaa useammalle eri kiintolevyille. Myös luku nopeus kasvaa, koska vastaavasti tiedoston eri osia voidaan lukea eri levyiltä yhtä aikaa. [2, s. 649.]

## RAID 1

RAID 1 -tallennuksen periaate on esitetty kuvassa 2. A, B, C ja D kuvaavat levyille tallennettuja tiedostoja.



Kuva 2. RAID 1 -tallennuksen periaatteellinen kuva.

RAID 1 tunnetaan myös peilauksena. Kahden tai useamman kiintolevyn sisältö pidetään automaattisesti koko ajan samana. Eli tietokone tekee automaattisesti varmuuskopion tallennettavasta datasta yhdelle tai useammalle kiintolevyille.

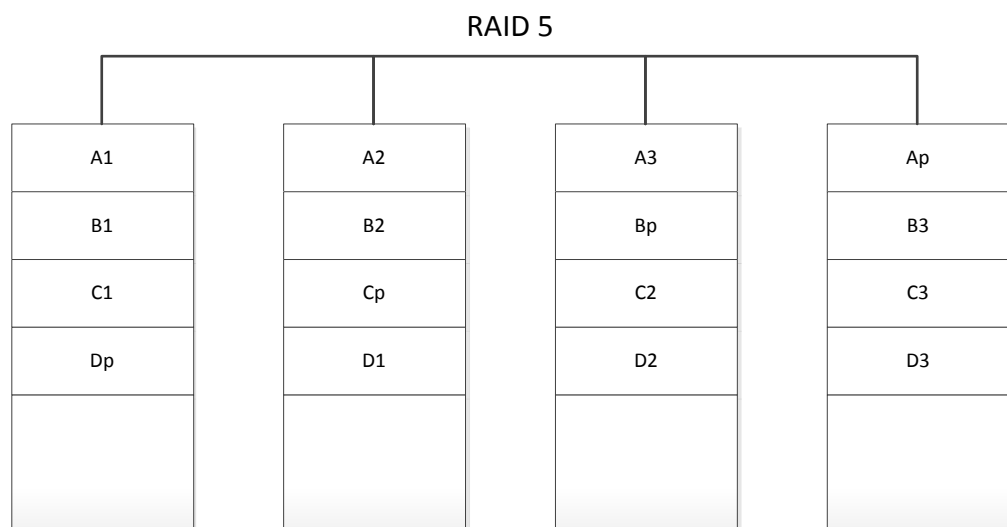
RAID 1 parantaa jonkin verran lukunopeutta. Koska jos levy jolle alkuperäinen tieto on tallennettu, on muussa käytössä, luetaan tarvittava data peilatulta kiintolevyiltä. RAID 1 voi kuitenkin laskea kirjoitusnopeutta vähän, koska tallennettava tieto kirjoitetaan automaattisesti useampaan kertaan useammalle fyysiselle levyille. Automaattinen varmuuskopiointi luonnollisesti parantaa huomattavasti tietoturvaa. [2, s. 650.]

RAID 1:llä yhdistetyistä levyistä voi siirtää yhden tai useamman levyn toiseen laitteeseen ilman, että levyillä olevan tiedon käyttö vaikeutuu alkuperäisessä järjestelmässä. Niin kauan kuin yksikin levy on toimintakuntoinen, kaikki levyillä olevat tiedot ovat täysin käyttökelpoisia. Tästä seurauksena USB-RAID-taso 1 voi olla hyödyllisin, koska USB-tikun yksi tärkeä ominaisuus eli siirrettävyys voi säilyä. Toisin kuin muita tasoja käytettäessä, jolloin siirrettäessä tietoa järjestelmästä toiseen, joudutaan siirtämään useita toisiinsa yhdistettyjä tikkuja. [2, s. 650.]

Jos käytettävissä on useita kiintolevyjä, voidaan tasot 0 ja 1 yhdistää niin, että esimerkiksi neljästä kiintolevystä luodaan kaksi RAID 0 -asemaa ja yhdistetään nämä RAID 0 -asemat toisiinsa käyttämällä RAID 1:tä. Tätä menetelmää kutsutaan RAID 0+1:ksi tai RAID 10:ksi. [2, s. 656.]

## RAID 5

RAID 5 -tallennuksen periaate, pariteettia käyttäen, on esitetty kuvassa 3. A1 – A3, B1 – B3, C1 – C3 ja D1 – D3 esittävät eri tiedostojen hajautettuja osia. Esimerkiksi A1 – A3 on siis yksi tiedosto. Ap, Bp, Cp ja Dp ovat kukin omalle tiedostolleen laskettu tarkistussumma eli pariteetti.



Kuva 3. RAID 5 -tallennuksen periaate.

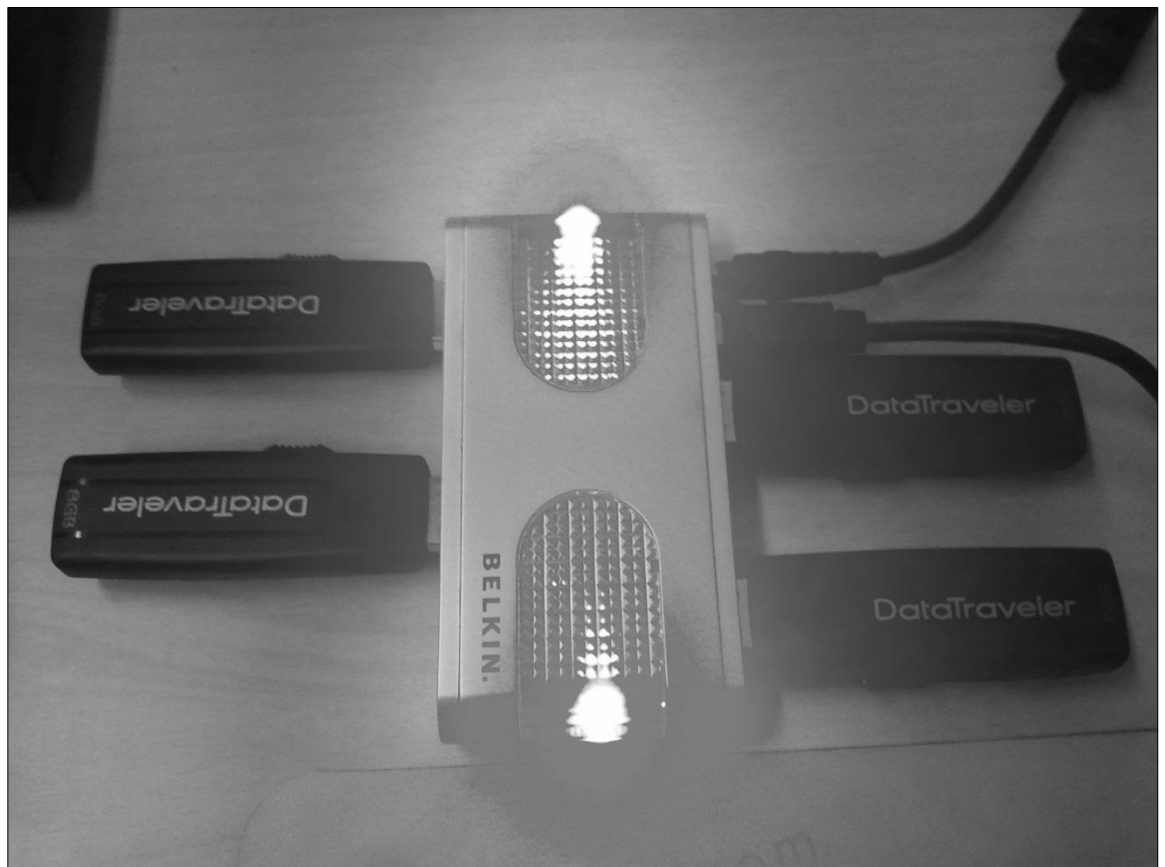
RAID 5:tä käytettäessä käytettyjen kiintolevyjen kapasiteetista yhtä levyä vastaava tila käytetään pariteettidatan säilyttämiseen. Esimerkiksi, jos käytettävissä on neljä 250 GB kiintolevyä, on tallennustilaa käytettävissä 750 GB. Tallennetut tiedot on pilkottu ja hajautettu tasaisesti kaikille neljälle kiintolevyille, myös pariteettidata. Tästä seurauksena on hyvä vikasietoisuus, sillä vaikka yksi kiintolevy rikkoutuisikin, ei tietoa menetetä, koska käyttämällä muiden levyjen dataa ja pariteettidataa voidaan rikkoutuneen levyn tiedot palauttaa. Kuitenkin useamman levyn rikkoutuessa menetetään kaikkien levyjen tiedot. RAID 5:n käyttäminen vaatii paljon laskentatehoa sen käyttämän pariteettialgoritmin vuoksi. [2, s. 653.]

#### RAID-tasot 2, 3, 4 ja 6

RAID 2, 3, 4 ja 6 ovat RAID:n tasoja, joihin tässä työssä ei perehdytä käytännössä lainkaan. Peruseriaatteena on, että mitä korkeampi RAID:n taso sitä enemmän tietoturvaa tai suorituskykyä parantavia ominaisuuksia. Nämä tasot on jätetty vähemmälle huomiolle, koska työn ohjaajan kanssa katsottiin tasojen 0, 1 ja 5 kattavan RAID:n tärkeimmät ominaisuudet, eli peilaus, tietojen hajautus ja pariteettidatan laskenta.

### 3 USB-RAID:N LUONTIIN TARVITTAVAT LAITTEET

Luonnollisesti tietokone oli tarpeen yleisimpine lisälaitteineen, kuten monitori, näppäimistö ja hiiri. USB-RAID-aseman luontiin tarvitsi myös enemmän kuin yhden USB-muistitikun ja vähintään kaksi USB-porttia; tarvittaessa voidaan käyttää USB-jakajaa. On kuitenkin hyvä huomata, että USB-jakajaa käytettäessä käytetään jakajaa, jolla on oma virtalähde, koska muuten on erittäin todennäköistä, että kaikille käytetyille USB-tikuille ei riitä virtaa. Tätä työtä tehtäessä käytettävissä oli kahdeksan kappaletta kahdeksan gigatavun kokoista Kingston DataTraveller 0110 -USB-tikkua ja kaksi omalla virtalähteellä varustettua seitsemänporttista Belkin-valmistajan USB-jakajaa. Kuvassa 3 näkyy esimerkki mahdollisesta USB-RAID-asemasta.



Kuva 4. USB-RAID-aseman luonnissa käytetty laitteisto (ilman tietokonetta).

## 4 USB-RAID:N LUONTI LINUXISSA

Tässä luvussa esitetään työn suorituksen Linuxia koskeva vaihe.

### 4.1 Linux

Linux on avoimeen lähdekoodiin perustuva täysin ilmainen käyttöjärjestelmä. Lähdekoodin avoimuus tarkoittaa, että kuka tahansa voi muokata mitä tahansa Linuxin osaa kykijensä mukaan täysin laillisesti. Tästä syystä alusta lähtien oletettiin, että USB-RAID:n luonti on mahdollista ainakin Linux-käyttöjärjestelmissä.

Linuxista on useita eri jakeluversioita, joita kutsutaan myös distroiksi, ne voivat erota toisistaan päällisin puolin paljonkin, mutta ytimeltään ovat hyvin samanlaisia.

Linuxin kaikista mahdollisista versioista valittiin Ubuntu 11.10, koska Ubuntu vaikutti käyttäjäystävällisimmältä jakeluversiolta ja sen lisäksi Ubuntu oli ainoa Linuxin distro, jota oli aiemmin edes kokeiltu.

Ubuntu Linuxin voi ladata vapaasti internetistä muun muassa sivustolta [www.ubuntu-fi.org](http://www.ubuntu-fi.org). Samalta sivustolta löytyvät ohjeet asennusmedian luomiseen eri käyttöjärjestelmillä, linkit tarvittavien ohjelmien hankkimiseen sekä ohjeet ohjelmien asentamiseen ja käyttämiseen tai linkit ohjeisiin. [3.]

### 4.2 USB-RAID:n luontiin tarvittavat ohjelmat

Ubuntun asentamisen jälkeen Linux-kone kytkettiin internetiin ja koneelle asennettiin Linuxin pakettienhallintaohjelma Synaptic Package Manager, jonka avulla haettiin Linuxin ohjelmallisen RAID-ohjaimen hallintaan tarvittava mdadm-ohjelma. Tätä ohjelmaa käyttäen USB-tikkujen yhdistäminen RAID-asemaksi oli helppoa. Ajatus kyseisen ohjelman hankkimiseksi lähti ohjeesta, joka löytyi internetistä. [4.]

### 4.3 Esivalmistelut

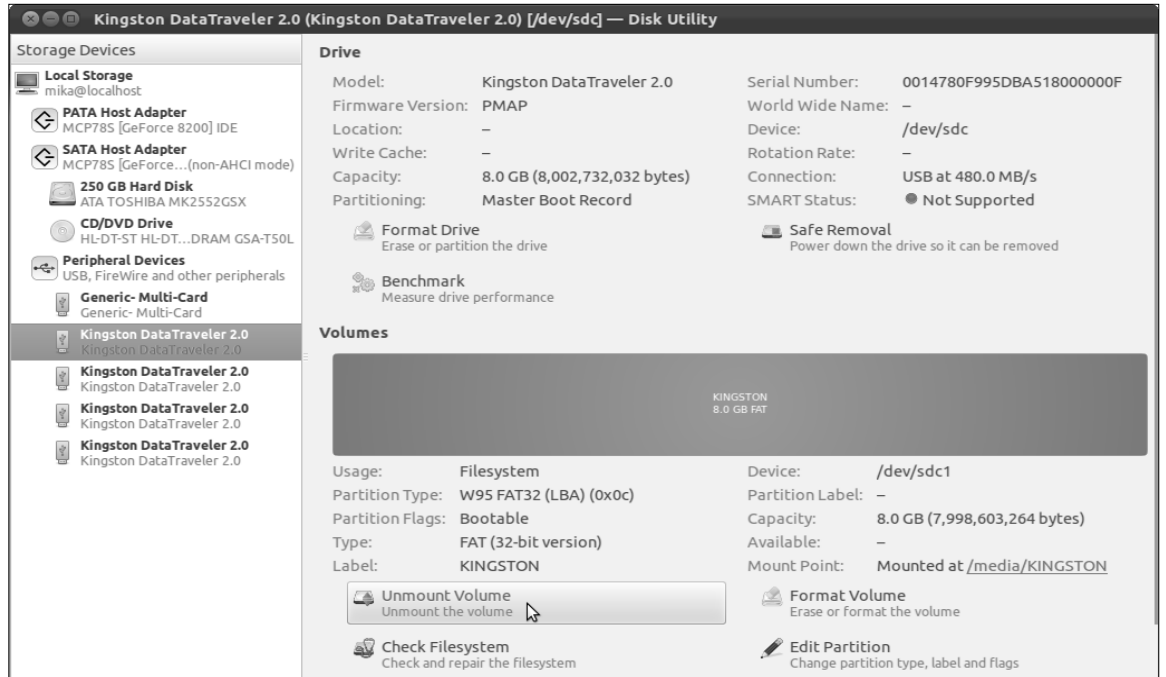
Jotta USB-tikut saatiin toimimaan yhtenä USB-RAID-asemana, täytyi Ubuntu saada tunnistamaan ne RAID-kelpoisiksi laitteiksi [4]. USB-tikkujen alustamiseksi RAID-kelpoisiksi voitiin käyttää joko Ubuntu graafista Disk Utility -ohjelmaa tai perinteistä tekstipohjaista terminaalialia ja fdisk-nimistä ohjelmaa.

Ennen USB-tikun tyyppin muuttamista täytyy tarkistaa, että laitteet, joiden asetuksia halutaan muokata, eivät ole aktiivisessa tilassa. Ubuntu graafisessa käyttöliittymässä tämän voi tehdä avaamalla Disk Utility -ikkunan (kuvassa 5) ja napsauttamalla muokattavaa asemaa.



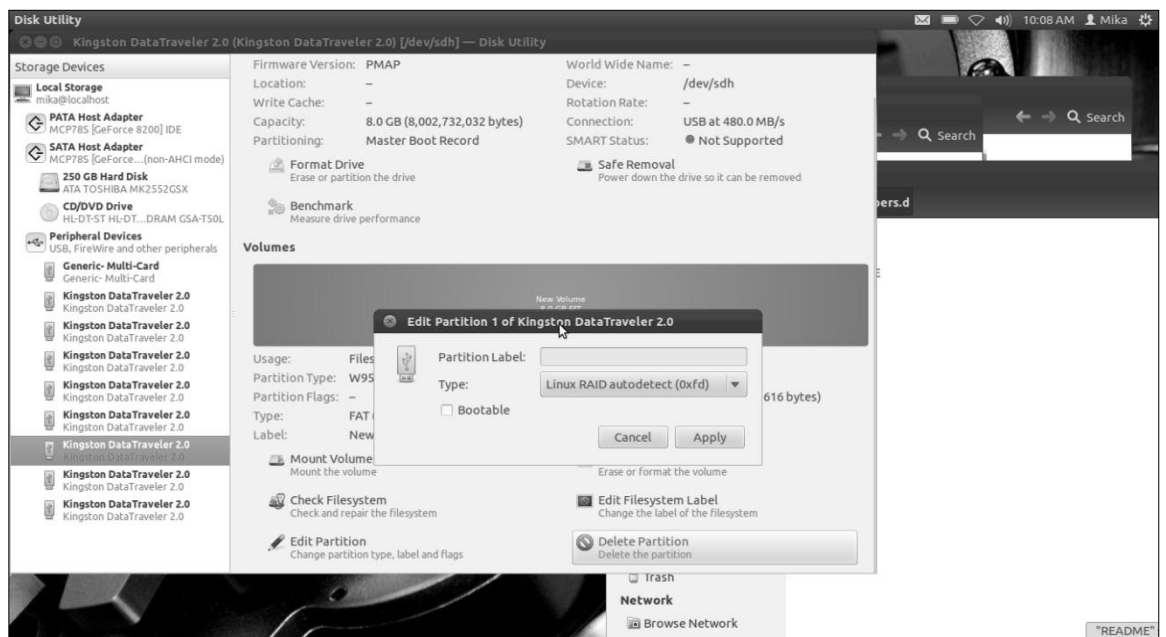
Kuva 5. Disk Utilityn avaaminen.

Kuvassa 6 on esitetty Disk Utility -näkymä ja sen näyttämät tiedot valitusta asemasta. Kuvassa hiiren kursori osoittaa Unmount Volume -valintaa, joka tarkoittaa, että asema on nyt aktiivisessa tilassa. Ennen USB-tikun tyyppin muuttamista asema täytyy irrottaa (unmount). Tässä vaiheessa on hyvä huomata, että laitteen nimi näkyy myös annetuissa tiedoissa Volume-otsakkeen alla kohdassa Device.



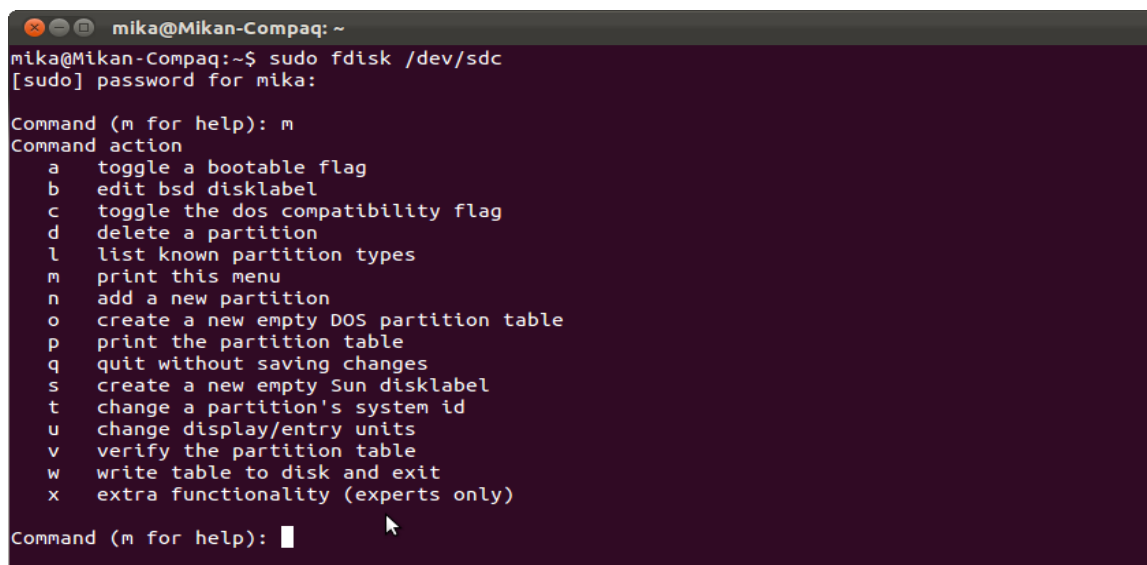
Kuva 6. Disk Utility -näköymä.

USB-tikun irrottamisen (unmount) jälkeen pystyttiin aseman tyyppi muuttamaan valitsemalla Edit Partition ja avautuvasta ikkunasta valittiin Type-kohdan liukuvalikosta haluttu tyyppi eli Linux RAID autodetect. Tässä vaiheessa pitäisi näköymän vastata kuvaa 7. Lopuksi valittiin Apply jonka jälkeen USB-tikun tyyppi oli muutettu.



Kuva 7. USB-tikun tyyppi muuttaminen Disk Utilityyn avulla.

Toinen vaihtoehto USB-tikun tyyppin muuttamiseksi oli käyttää tekstipohjaista terminaalia ja fdisk-nimistä ohjelmaa (kuvassa 8).



```

mika@Mikan-Compaq: ~
mika@Mikan-Compaq:~$ sudo fdisk /dev/sdc
[sudo] password for mika:

Command (m for help): m
Command action
 a  toggle a bootable flag
 b  edit bsd disklabel
 c  toggle the dos compatibility flag
 d  delete a partition
 l  list known partition types
 m  print this menu
 n  add a new partition
 o  create a new empty DOS partition table
 p  print the partition table
 q  quit without saving changes
 s  create a new empty Sun disklabel
 t  change a partition's system id
 u  change display/entry units
 v  verify the partition table
 w  write table to disk and exit
 x  extra functionality (experts only)

Command (m for help): █

```

Kuva 8. Fdisk-ohjelman käyttäminen.

Kun muokattava asema ei varmasti ollut aktiivisessa tilassa (mounted), USB-tikun tyyppin muokkaaminen tapahtui käytännössä kirjoittamalla terminaaliin kuvissa 8 ja 9 näkyvät komennot. Tikun tyyppin muokkaaminen vaatii super user -oikeudet.

Kuvan 8 ensimmäisellä rivillä näkyy käyttäjän nimi (mika), käytettävän tietokoneen nimi erotettuna @-merkillä (Mikan-Compaq) ja käsky, joilla saadaan super user -oikeudet käyttöön, sekä käynnistetään fdisk-ohjelma.

/dev/sdc määrittää laitteen, jota halutaan käsitellä fdisk-ohjelmalla.

Enterin painalluksella tietokone lähti suorittamaan edellä mainittuja käskyjä ja Linux kysyi käyttäjän salasanaa, joka oli pakko syöttää, jotta super userin käyttöoikeudet saatiin käyttöön ja ohjelma pääsi jatkamaan toimintaansa.

Linux ei näyttänyt terminaalissa mitään, vaikka salasana syötettiin. Kun salasana oli syötetty oikein ja enteriä painettu, käynnistyi fdisk-ohjelma, joka ohjeisti syöttämään m-kirjaimen, jos apua olisi tarvittu, ohjelman käyttämiseksi. Kun m-kirjain oli syötetty, ohjelma tulosti näytölle listan käytettävissä olevista komennoista (kuvassa 8), joista tässä vaiheessa kiinnostavimpia olivat valinnat t ja w. Ehkä myös p, joka olisi tulostanut näytölle laitteen tämänhetkiset tiedot.



Syöttämällä `t`-kirjain päästiin muokkaamaan valitun laitteen, joka tässä tapauksessa oli `/dev/sdc`:nä tunnettu USB-tikku, osion tunnistetta. Tässä vaiheessa `fdisk` pyysi syöttämään halutun tunnisteiden koodin heksadesimaalina. Kyseinen koodi löytyy luettelosta, joka saatiin näkyviin syöttämällä `l`-kirjain, kuten kuvassa 9.

Luettelosta nähtiin, että osion tunnisteeksi pystyttiin valitsemaan Linux `raid auto` -tyyppi, jonka koodi oli `fd`. Linux `raid auto` on sama kuin Linux RAID autodetect graafisessa järjestelmässä, mutta koko nimelle ei ole ollut tilaa kuvan 9 esittämässä listassa.

```
mika@Mikan-Compaq: ~
Command (m for help): t
Selected partition 1
Hex code (type L to list codes): l

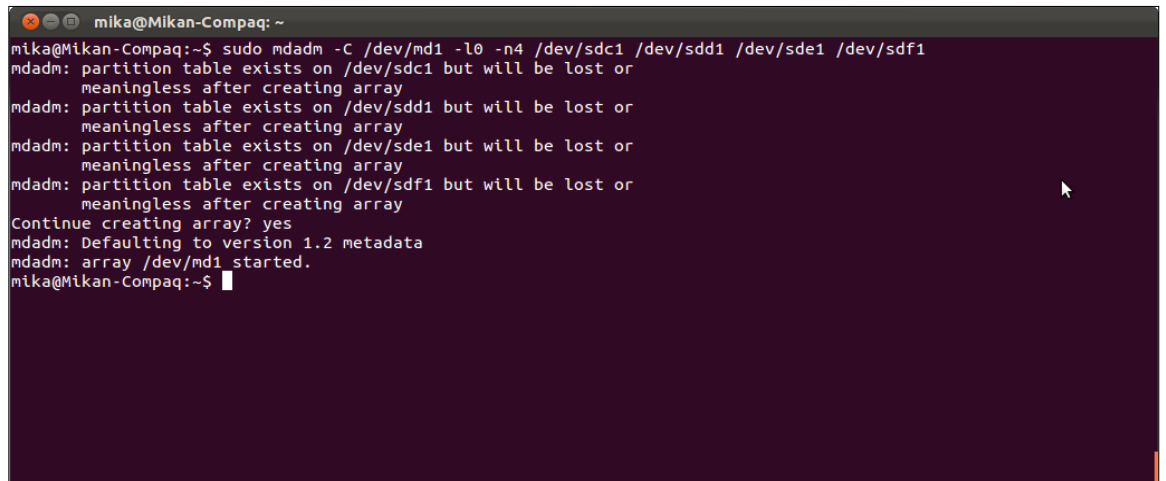
 0 Empty                24 NEC DOS              81 Minix / old Lin   bf Solaris
 1 FAT12                 27 Hidden NTFS Win    82 Linux swap / So  c1 DRDOS/sec (FAT-
 2 XENIX root            39 Plan 9              83 Linux              c4 DRDOS/sec (FAT-
 3 XENIX usr             3c PartitionMagic     84 OS/2 hidden C:   c6 DRDOS/sec (FAT-
 4 FAT16 <32M           40 Venix 80286         85 Linux extended   c7 Syrix
 5 Extended              41 PPC PReP Boot      86 NTFS volume set  da Non-FS data
 6 FAT16                 42 SFS                 87 NTFS volume set  db CP/M / CTOS / .
 7 HPFS/NTFS/exFAT      4d QNX4.x               88 Linux plaintext  de Dell Utility
 8 AIX                   4e QNX4.x 2nd part    8e Linux LVM         df BootIt
 9 AIX bootable         4f QNX4.x 3rd part    93 Amoeba            e1 DOS access
 a OS/2 Boot Manag     50 OnTrack DM          94 Amoeba BBT       e3 DOS R/O
 b W95 FAT32            51 OnTrack DM6 Aux   9f BSD/OS           e4 SpeedStor
 c W95 FAT32 (LBA)     52 CP/M               a0 IBM Thinkpad hi eb BeOS fs
 e W95 FAT16 (LBA)     53 OnTrack DM6 Aux   a5 FreeBSD         ee GPT
 f W95 Ext'd (LBA)     54 OnTrackDM6        a6 OpenBSD         ef EFI (FAT-12/16/
10 OPUS                 55 EZ-Drive           a7 NeXTSTEP        f0 Linux/PA-RISC b
11 Hidden FAT12         56 Golden Bow        a8 Darwin UFS      f1 SpeedStor
12 Compaq diagnost     5c Priam Edisk        a9 NetBSD          f4 SpeedStor
14 Hidden FAT16 <3     61 SpeedStor         ab Darwin boot     f2 DOS secondary
16 Hidden FAT16         63 GNU HURD or Sys   af HFS / HFS+      fb VMware VMFS
17 Hidden HPFS/NTF     64 Novell Netware    b7 BSDI fs         fc VMware VMKCORE
18 AST SmartSleep      65 Novell Netware    b8 BSDI swap       fd Linux raid auto
1b Hidden W95 FAT3     70 DiskSecure Mult  bb Boot Wizard hid fe LANstep
1c Hidden W95 FAT3     75 PC/IX             be Solaris boot    ff BBT
1e Hidden W95 FAT1     80 Old Minix

Hex code (type L to list codes): fd
```

Kuva 9. Fdisk-ohjelman käyttäminen 2.

#### 4.4 USB-RAID 0

Kun Linux oli saatu tunnistamaan USB-tikut Linux RAID autodetect -tyyppisinä laitteina, oli RAID-laitteen luonti helppoa. Suoritettiin vain terminaalissa mdadm-ohjelma kuvan 10 mukaisilla komennoilla.



```
mika@Mikan-Compaq:~$ sudo mdadm -C /dev/md1 -l0 -n4 /dev/sdc1 /dev/sdd1 /dev/sde1 /dev/sdf1
mdadm: partition table exists on /dev/sdc1 but will be lost or
meaningless after creating array
mdadm: partition table exists on /dev/sdd1 but will be lost or
meaningless after creating array
mdadm: partition table exists on /dev/sde1 but will be lost or
meaningless after creating array
mdadm: partition table exists on /dev/sdf1 but will be lost or
meaningless after creating array
Continue creating array? yes
mdadm: Defaulting to version 1.2 metadata
mdadm: array /dev/md1 started.
mika@Mikan-Compaq:~$
```

Kuva 10. USB-RAID 0 -aseman luonti.

Kuten ensimmäiseltä riviltä voi huomata, taas vaadittiin super user -oikeuksia, mutta käyttäjän salasanaa ei kysytty. Tämä johtuu siitä, että tätä vaihetta suoritettaessa salasana oli annettu alle viisi minuuttia sitten fdisk ohjelmaa suoritettaessa. Jos Linux olisi kysynyt tässä vaiheessa salasanaa, se tietenkin olisi syötetty, jonka jälkeen ohjelman suorituksen olisi pitänyt jatkua ongelmitta.

Sudo-käskyn oletusarvoihin kuuluu viiden minuutin aikaleima. Käytännössä tämä tarkoittaa, että jos super user -oikeuksia tarvitaan useita kertoja alle viiden minuutin välein, ei salasanaa tarvitse syöttää moneen kertaan. [5.]

mdadm käynnistää mdadm-ohjelman. Kirjoittamalla `mdadm -help.options` olisi saatu näkyviin listaus komennoista, joita mdadm:llä voidaan toteuttaa.

`-C` käskee aloittamaan uuden RAID-aseman luonnin. Tärkeää on huomata, että valinta on iso `c`.

`/dev/md1` määritellään laite multi-disk device -tyyppiseksi, jonka nimi on 1.

-l (l-kirjain, voi näyttää harhaan johtavasti numerolta yksi) valitaan RAID-taso tässä tapauksessa 0.

-n ilmoitetaan RAID-asemaksi yhdistettävien laitteiden lukumäärä, tässä tapauksessa neljä.

/dev/sdd1 ensimmäisen laitteen nimi, joka halutaan yhdistää RAID-asemaan.

Loppurivi on muiden laitteiden nimiä, jotka halutaan liittää RAID-asemaksi. Näiden laitteiden määrä täytyy tietenkin vastata aikaisemmin määritettyä -n määritystä.

Tässä vaiheessa mdadm ilmoitti, että laitteessa on jo osiointitaulukko (jokaisesta laitteesta erikseen), mutta komennon suorittamisen jälkeen se on joko hävitetty tai se on muuten merkityksetön. Toisin sanoen, jos USB-tikuilla on vielä jotain tärkeää tietoa, nyt on viimeinen mahdollisuus perua komennon suorittaminen ja kopioida tai siirtää mahdollinen tärkeä tieto johonkin toiseen paikkaan. Varoituksen annettuaan mdadm kysyi, halutaanko jatkaa RAID-aseman luontia, johon vastattiin kyllä eli `yes`.

Suoritettuaan annetut komennot mdadm ilmoitti, että `array /dev/md1 started`. Ilmoitus tarkoittaa, että RAID-aseman luonti on saatu onnistuneesti päätökseen ja se on valmis käytettäväksi.

Disk Utilitystä pystyttiin näkemään, että Storage Devices -listaan oli ilmestynyt Multi-disk Devices -alaotsake, jonka alla oli 1-niminen 32 GB:n kokoinen RAID 0 -asema. Mitä vaikutusta tällä oli muun muassa suorituskykyyn, käsitellään tuloksien käsittely -kohdassa.

#### USB-RAID 0 -aseman testaus

Ubuntu Linuxin Disk Utility -ohjelmaan on sisään rakennettu Benchmark testi, jolla on mahdollista testata muistilaitteiden luku- ja kirjoitusnopeuksia (maksimi, minimi ja keskiarvo), joten tätä ominaisuutta päätettiin hyödyntää.

USB-RAID 0 -asemalle ajettiin Benchmark, jonka tulokset esitetään tulosten käsittely -kohdassa. Jotta Benchmark pystyttiin ajamaan, täytyi laitteen olla täysin tyhjä ja osioimaton.

Luku- ja kirjoitusnopeuksien lisäksi testattiin Linuxissa luodun USB-RAID-aseman yhteen sopivuutta Windows XP käyttöjärjestelmän kanssa ja laitteiston siirrettävyyttä, yhdistämällä USB-RAID 0 -asema virtuaaliympäristössä ajettavaan Ubuntu Linuxiin. Tässä vaiheessa USB-RAID 0 -asemaa yritettiin siirtää tietokoneeseen, jonka käyttöjärjestelmänä oli

Windows XP, tunnisti kone kaikki neljä tikkua erillisinä tyhjinä laitteina. Tämän jälkeen kokeiltiin yhdistää USB-RAID 0 -asema Virtual Boxissa toimivaan Ubuntu Linuxiin. Tässä tapauksessa ainoastaan kaksi tikkua saatiin näkymään virtuaali-Ubuntussa. Eli vaikka RAID-asema olisikin lähtenyt käyntiin ei tietoja olisi voitu käyttää, RAID 0:n ominaisuuksien vuoksi. Koska USB-laitteiden toiminta virtuaalikoneessa oli joko epävakaa tai sitten asetuksia ei ollut osattu määritellä, päätettiin virtuaalikoneen käyttö testauksessa hylätä kokonaan.

Testausta päätettiin jatkaa asentamalla Ubuntu toiseen tietokoneeseen ja suorittaa siirrettävyytestit kyseisellä laitteistolla. Kun USB-RAID 0 -asema yhdistettiin toiseen varsinaiseen Ubuntu-koneeseen, oli tulos täysin eri kuin virtuaali-Ubuntu testissä. Kone tunnisti ja käynnisti USB-RAID 0 -aseman automaattisesti ja asema toimi juuri niin kuin pitikin.

Myöhemmin tultiin ajatelleeksi, että virtuaalitestausympäristö olisi todennäköisesti toiminut, jos virtuaali-Linuxia olisi ajettu Linux-käyttöjärjestelmässä, eikä Windows-koneella. Koska tässä vaiheessa oli toinen Linux-kone jo toiminnassa, ei virtuaali-Linuxia pidetty enää hyödyllisenä tätä työtä ajatellen.

Järjestelmän viastapalautumista testattiin poistamalla USB-RAID 0 -asemasta yksi USB-tikku. RAID 0:n ominaisuuksien vuoksi tämän tulisi aiheuttaa kaiken asemassa olevan tiedon menetys ja näin kävikin.

#### 4.5 USB-RAID 1

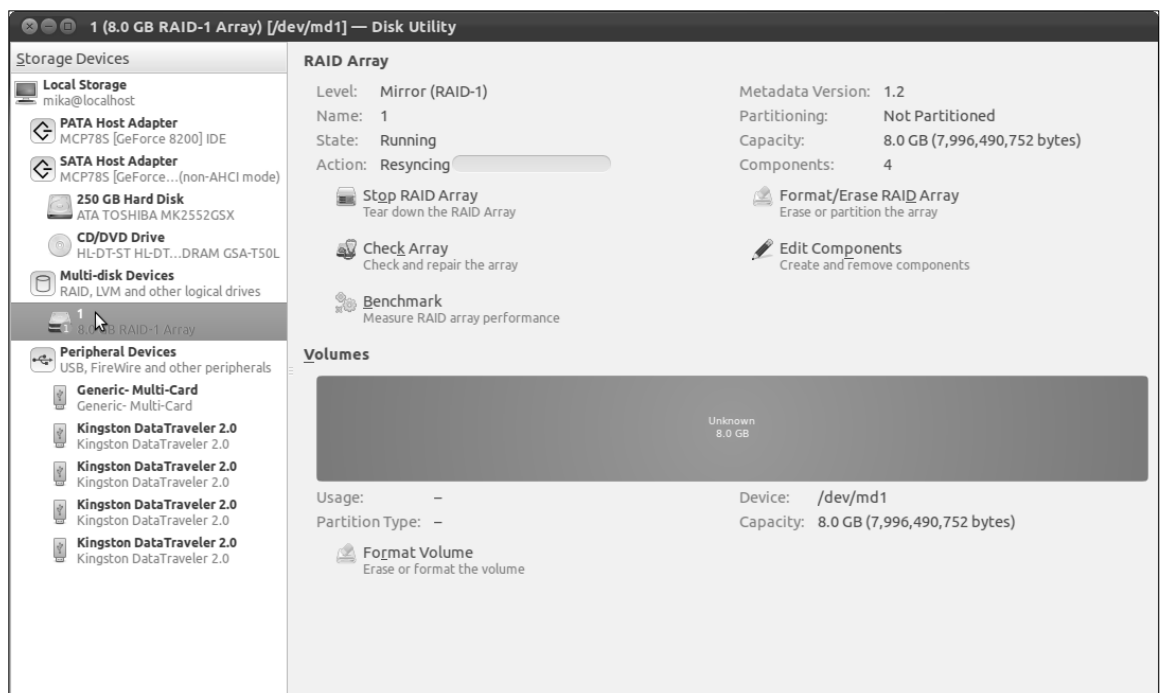
USB-RAID 1:n luonti ei ollut sen hankalampaa kuin USB-RAID 0:n, kuten kuvasta 11 voidaan nähdä. Kuitenkin eroavaisuuksia on -1:n (l-kirjain) parametri on 1 (yksi), koska tässä valitaan luotavan RAID-aseman tasoksi RAID 1. Laitteiden nimet voivat myös olla erilaiset, kuten tässä tapauksessa.

USB-RAID-asema voitiin määrittää tässäkin tapauksessa multi disk-device -tyyppiseksi, jonka nimi on 1. Tämä on mahdollista, koska USB-RAID 0 kohdassa luotu asema poistettiin ennen tämän uuden RAID-aseman luontia. Tuloksena USB-RAID 1 -asema näkyi Multi-disk

Devices -otsakkeen alla Disk Utility -näkyssä. RAID 1:n ominaisuuksien vuoksi asema näkyy kahdeksan gigatavun kokoisena, kuten kuvasta 12 voidaan havaita.

```
mika@Mikan-Compaq: ~
mika@Mikan-Compaq:~$ sudo mdadm -C /dev/md1 -l1 -n4 /dev/sde1 /dev/sdf1 /dev/sdg1 /dev/sdh1
[sudo] password for mika:
mdadm: partition table exists on /dev/sde1 but will be lost or
meaningless after creating array
mdadm: Note: this array has metadata at the start and
may not be suitable as a boot device. If you plan to
store '/boot' on this device please ensure that
your boot-loader understands md/v1.x metadata, or use
--metadata=0.90
mdadm: partition table exists on /dev/sdf1 but will be lost or
meaningless after creating array
mdadm: partition table exists on /dev/sdg1 but will be lost or
meaningless after creating array
mdadm: partition table exists on /dev/sdh1 but will be lost or
meaningless after creating array
Continue creating array? yes
mdadm: Defaulting to version 1.2 metadata
mdadm: array /dev/md1 started.
mika@Mikan-Compaq:~$
```

Kuva 11. USB-RAID 1 -aseman luonti.



Kuva 12. USB-RAID 1 Disk Utility -näkyssä.

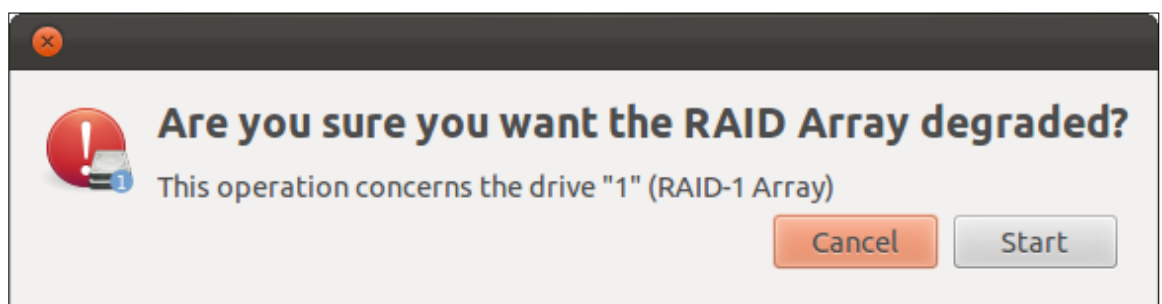
## USB-RAID 1-aseman testaus

USB-RAID 1-asemalle ajettiin Disk Utility Benchmark, jonka tulokset esitetään tuloksien käsittely -kohdassa.

USB-RAID 1 -aseman toimivuuden testaamiseksi kopioitiin kyseiseen asemaan kokoelma kuvankaappaus kuvia, joita oli kertynyt tämän työn edetessä. Tässä vaiheessa annettiin Ubuntulle `sync`-käsky.

Sync-käskyä käytetään siksi, että Linuxissa tiedostojen muutokset saatetaan tallentaa pysyvään muistiin vasta, kun resursseja, kuten RAM-muistia, on tarpeen vapauttaa uudelleen käytettäväksi. Tällöin vanhimmat muutokset kirjoitetaan esimerkiksi kiintolevyille. Toinen vaihtoehto on, että Linux käyttöjärjestelmä kirjoittaa tiedot pysyvään muistiin silloin, kun sillä on riittävästi prosessorikapasiteettia vapaana, toisin sanoen, kun koneella ei ole parempaakaan tekemistä. [6.]

Testissä USB-RAID 1 -asemaan siirrettyjen tiedostojen tyypillä, koolla tai määrällä ei ollut tässä vaiheessa merkitystä, koska tarkoitus oli testata ainoastaan, selviääkö data laitteiston siirrosta tietokoneesta toiseen. Tämän jälkeen USB-RAID 1 -asema irrotettiin ja pysäytettiin Disk Utilityn avulla. Pysäyttämisen jälkeen yksi USB-RAID 1:n osana toimivista tikuista irrotettiin ja USB-RAID 1 -asema käynnistettiin uudestaan. Disk Utility antoi kuvassa 13 näkyvän ilmoituksen.

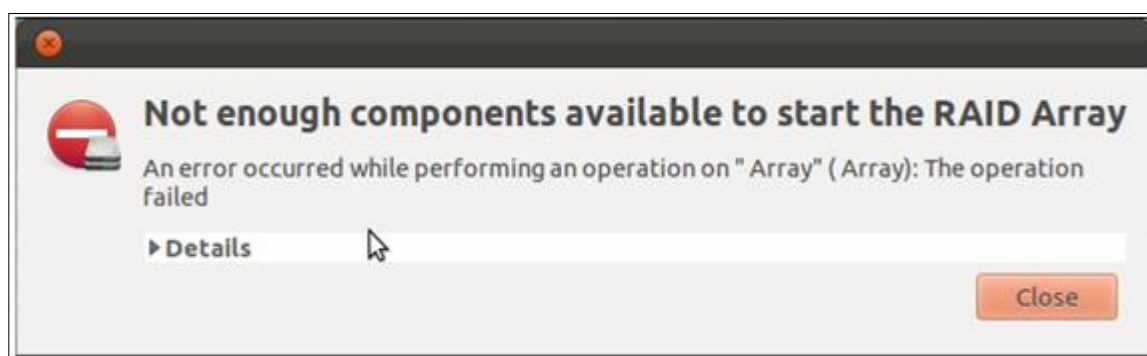


Kuva 13. USB-RAID 1:n kaikki osat eivät ole käytettävissä.

Tämän jälkeen asema käynnistyi ilman ongelmia, niin kuin pitikin. Tietoja ei menetetty, niin kuin ei pitänytkään. Erona aikaisempaan Disk Utility näytti aseman tilana olevan Degraded. Toisin sanoen se varoitti käyttäjää siitä, että kyseinen asema on vajaatoimintatilassa.

Kun RAID 1 -asemasta irrotettu tikku kytkettiin koneeseen, jonka käyttöjärjestelmänä oli Windows XP, ei tikulla näyttänyt tässäkään tapauksessa olevan lainkaan tiedostoja. Tätä tulosta osattiin kuitenkin jo odottaa, koska vastaavia tuloksia oli saatu USB-RAID 0 -asemaa testatessa.

Tässä vaiheessa ei kuitenkaan vielä ollut havaittu Windows-koneella ajettavassa virtuaalikoneessa toimivan Linuxin ongelmia. Siis seuraavaksi päätettiin kokeilla, johtuisiko tietojen puuttuminen jostain Windows XP:n ominaisuudesta ja yhdistettiin edellä mainittu USB-RAID 1 -asemasta irrotettu muistitikku Virtual Boxissa ajettavaan Ubuntu-järjestelmään. Virtuaali-Ubuntu tunnisti levyn välittömästi USB-RAID 1 -asemana, mutta ei antanut käynnistää USB-RAID-asemaa, vaan antoi kuvan 14 mukaisen virheilmoituksen.



Kuva 14. USB-RAID 1:n siirtäminen virtuaalikoneeseen epäonnistui.

Seuraavaksi kaikki USB-tikut siirrettiin yksitellen virtuaalikoneeseen ja kokeiltiin USB-RAID 1 -aseman käynnistämistä joka välissä. Ongelma ei ratkennut, vaan aina saatiin sama virheilmoitus. Tässä vaiheessa suoritettiin jo aikaisemmin USB-RAID 0 -otsikon alla kuvailtu testijärjestelmän uudelleen arviointi ja muutos. Eli asennettiin Ubuntu toiseen tietokoneeseen.

Kun yksittäinen USB-RAID 1 -aseman osatikka kytkettiin toiseen Ubuntu-koneeseen, tunnisti kone tikun automaattisesti ja aseman käynnistäminen onnistui ongelmitta. Tietenkin Disk Utility näytti aseman tilana vajaatoimintotilaa, mutta koska se ei toiminnallisuutta haittaa, ei siihen kiinnitetty huomiota.

Järjestelmän vikasietoisuudesta sujui oletusten mukaisesti. Tikkuja poistettiin USB-RAID-järjestelmästä yksitellen ja tiedot pysyivät käyttökelpoisina aina siihen asti, kunnes viimeinen tikku poistettiin.

## 4.6 USB-RAID 5

USB-RAID 5 -aseman luonti onnistui samalla tavalla kuin edellä esitetyt USB-RAID 0- ja 1 -asemienkin. Tässä esimerkissä tietokoneeseen liitettiin neljä kahdeksan gigatavun USB-tikkua USB-jakajan välityksellä. Terminaaliin kirjoitettiin kuvan 15 komento, joka oli muuten sama kuin RAID 1- ja RAID 0 -asemienkin luonnissa, mutta tässä esimerkissä asema määritettiin multi-disk device -tyyppiseksi jonka nimi oli 0 ja jonka tasoksi (-1) valittiin 5.

```
mika@Mikan-Compaq: ~
mika@Mikan-Compaq:~$ sudo mdadm -C /dev/md0 -l5 -n4 /dev/sdc1 /dev/sdd1 /dev/sde1 /dev/sdf1
[sudo] password for mika:
mdadm: partition table exists on /dev/sdc1 but will be lost or
meaningless after creating array
mdadm: partition table exists on /dev/sdd1 but will be lost or
meaningless after creating array
mdadm: partition table exists on /dev/sde1 but will be lost or
meaningless after creating array
mdadm: partition table exists on /dev/sdf1 but will be lost or
meaningless after creating array
Continue creating array? yes
mdadm: Defaulting to version 1.2 metadata
mdadm: array /dev/md0 started.
mika@Mikan-Compaq:~$
```

Kuva 15 USB-RAID 5-aseman luominen.

Kun käsky oli suoritettu, avattiin Disk Utility -näkyvä, jossa laite näkyi niin kuin pitikin. Laitteen tila oli aluksi vajaatoimintotila ja Recovering-korjaustoiminto oli käynnissä, mutta kun korjaustoiminto oli valmis, siirtyi USB-RAID 5 -asema normaalitilaan. Kuvasta 16 voi nähdä, että aseman käytettävissä oleva koko on vain 24 GB, mutta niin sen piti ollakin, koska yhtä tikkua vastaava tila on varattu pariteettidatalle.



Kuva 16. USB-RAID 5:n näkyminen Disk Utilityssä.



## USB-RAID 5 -aseman testaus

USB-RAID 5 -asemalle ajettiin Disk Utilityn Benchmark, jonka tulokset esitetään tuloksien käsittely -kohdassa.

USB-RAID 5:n siirrettävyyttä päätettiin testata seuraavaksi, joten USB-RAID 5 -asemaan siirrettiin muutamia kuvatiedostoja. USB-jakaja, jossa USB-RAID 5:n tikut olivat kiinni, irrotettiin hallitusti tietokoneesta ja kytkettiin toiseen tietokoneeseen, jonka käyttöjärjestelmänä toimi Ubuntu.

Kuten USB-RAID 1 -asemankaan tapauksessa, tiedostojen määrä, koko tai laatu eivät olleet tässä vaiheessa olennaisia, koska ainoa asia, jota testattiin oli, selviääkö data laitteiston siirrosta koneesta toiseen ja pystyykö USB-RAID 5 -aseman siirtämään koneesta toiseen.

USB-RAID 5 -asema toimi moitteettomasti myös toisessa Ubuntu -käyttöjärjestelmää käyttävässä koneessa. Havaittiin kuitenkin, että jos tietokone on käynnissä ja laitetta yritetään käyttää välittömästi kytkemisen jälkeen, ei tietokone ilmeisesti ehdi tunnistaa kaikkia RAID-aseman osia, mutta jos maltaa odottaa pari sekuntia, ei mitään ongelmia ilmene.

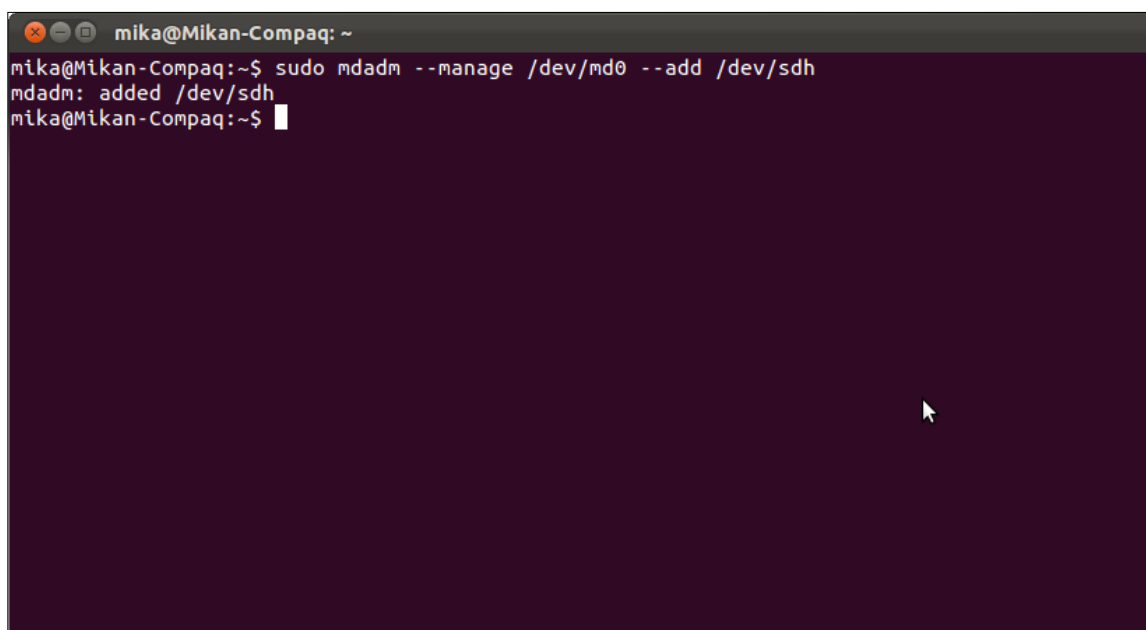
Seuraavaksi testattiin USB-RAID 5 -aseman kytkemistä Windows XP -koneeseen ja saatiin sama tulos kuin aikaisemminkin. Windows tunnistaa tikut erillisinä tyhjinä muistilaitteina.

RAID 5:n määritelmän mukaan kyseisen menetelmän pitäisi kestää yhden osa-aseman rikkoutuminen, mutta jos useampi osa-asema rikkoutuu, kaikki data menetetään. Tätä päätettiin testata seuraavaksi kytkemällä USB-RAID 5 -asema takaisin koneeseen, jolla se luotiin, ja poistamalla yksi tikku. Sillä seurauksella, että jonkin ajan kuluttua USB-RAID 5 -asema muuttui vajaatoimintatilaan.

Tässä vaiheessa Ubuntuille annettiin käsky `sync`, jotta voitaisiin olla varmoja, että kaikki tiedot on kirjoitettu USB-RAID 5 -asemaan ja että yhden osa-aseman puuttuminen on havaittu. Tämän jälkeen tarkistettiin, että tiedostot ovat edelleen käyttökelpoisia USB-RAID 5 -asemassa. Kaikki asemassa olevat tiedostot tarkistettiin ja todettiin toimiviksi.

Seuraavaksi testattiin, onko USB-RAID 5 -asema mahdollista korjata liitämällä siihen uusi Linux RAID autodetect -tyyppiseksi alustettu USB-tikku. Korvaava USB-tikku liitettiin samaan USB-jakajaan, jossa muutkin USB-RAID 5 -asemaan kuuluvat tikut olivat kytkettyinä ja näennäisesti, Disk Utilityn mukaan tikku liittyi automaattisesti USB-RAID 5 -

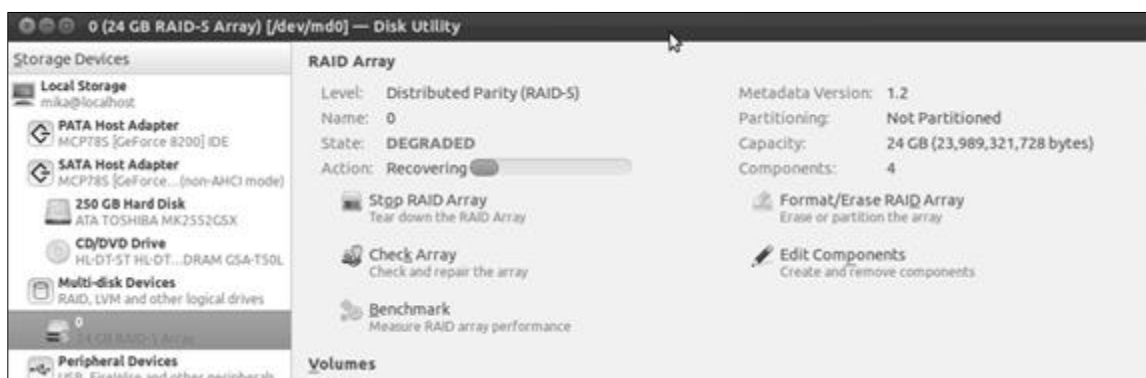
asemaan, mutta vajaatoimintatila ei muuttunut normaalitilaksi, edes ajamalla Check Array -toiminto, joka kuvauksensa mukaan tarkistaa ja korjaa aseman. Myöskään tietokoneen uudelleen käynnistys ei auttanut. Todettiin, että USB-RAID 5 -asema ei automaattisesti palaudu näin vakavasta ongelmasta, joten päätettiin manuaalisesti lisätä uusi USB-tikku USB-RAID 5 -asemaan. Terminaaliin kirjoitettiin kuvan 17 mukaiset komennot.



```
mika@Mikan-Compaq: ~  
mika@Mikan-Compaq:~$ sudo mdadm --manage /dev/md0 --add /dev/sdh  
mdadm: added /dev/sdh  
mika@Mikan-Compaq:~$
```

Kuva 17. Uuden USB-tikun lisääminen USB-RAID-asemaan rikkoutuneen tilalle.

Tämän jälkeen Disk Utilitystä huomattiin, että USB-RAID 5 -aseman Action oli automaattisesti muuttunut tilaan Recovering, eli asema pyrki korjaamaan itsensä (kuva 18). Kun Disk Utility sai korjaustoimintonsa suoritettua, palasi USB-RAID 5 -asema normaaliin toimintatilaansa.



Kuva 18. RAID 5 yrittää korjaantua.

USB-RAID 5 -aseman viimeisenä testinä suoritettiin katastrofitilannetesti. RAID 5:n määritelmän mukaan asema ei pysty palautumaan kahden osa-aseman tuhoutumisesta. Siispä kaksi USB-tikkua irrotettiin juuri korjatusta USB-RAID 5 -asemasta ja terminaaliin annettiin sync-käskey.

Tässä vaiheessa huomattiin, että aseman sisältämiin tiedostoihin ei ollut tehty muutoksia. Siksi tiedoston hallinta järjestelmän mukaan aseman toiminnassa ei ollut mitään ongelmia, vaan asema avautui ongelmitta ja tiedostojen kuvakkeet näkyivät normaalisti, mutta kun tiedostoja yritettiin käyttää, muuttui asema vajaatoimintotilaan ja Disk Utilityn mukaan korjaustoiminto käynnistyi. Korjaustoiminnosta ei kuitenkaan ollut mitään hyötyä, koska kuten RAID 5:n ominaisuuksissa määritellään, jäljellä olevilla osioilla ei vain ole tarpeeksi tietoa tiedostojen uudelleen rakentamiseksi.

## 5 USB-RAID-ASEMAN LUONTI WINDOWSISSA

Tässä luvussa esitetään tämän työn Windowsiin liittyvä osuus. Windows on Microsoft ohjelmistotalon tuottama maksullinen käyttöjärjestelmäperhe. Toisin kuin avoimeen lähdekoodiin perustuva Linux, Windows on täysin suljettu. Toisin sanoen käyttäjän mahdollisuuksia muokata käyttöjärjestelmää on rajoitettu hyvin tarkasti.

### 5.1 Windows XP

Heti aluksi havaittiin, että Windows XP Home edition (Ainut kopio Windows:sta, joka oli tässä vaiheessa käytettävissä) ei sisällä ohjelmallista RAID-ohjainta lainkaan tai ainakaan se ei näy käyttäjälle.

Lyhyen etsinnän jälkeen havaittiin, että Windows XP home edition ei todellakaan tue ohjelmallista RAID-ohjainta ja XP professional versiokin tukee vain RAID 0 -tasoa. Taulukko 1 esittää eri Windows versioiden tukemat ohjelmalliset RAID-tasot. [7.] ja [8.]

Taulukko 1. Windows versioiden tukemat ohjelmalliset RAID-tasot.

Operating System	Storage Types		
	Basic volumes	Dynamic Simple,Spanned and Stripped Volumes	Dynamic Mirrored and RAID-5 Volumes
Winsows XP Home Edition	X		
Windows XP Professional	X	X	
Windows XP Professional X64Edition	X	X	
Windows 2000 Professional	X	X	X
Windows Server 2003 family	X	X	X
Windows 7 Ultimate	X	X	

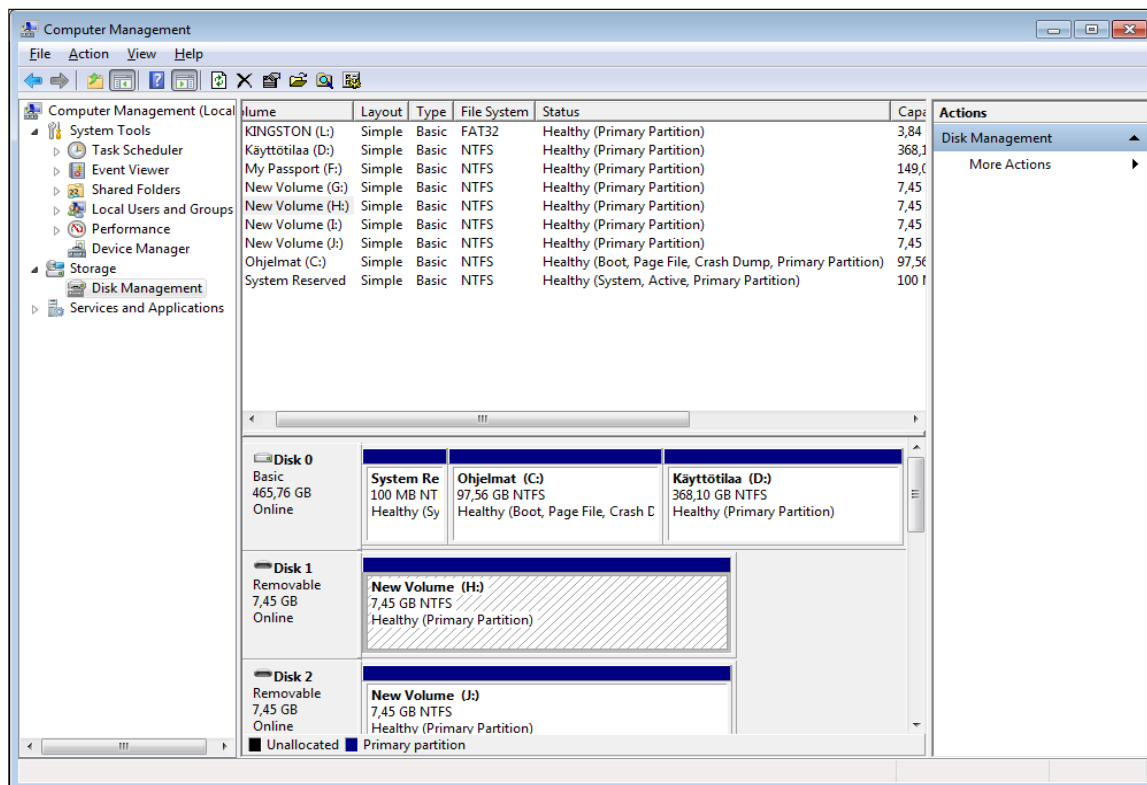
Tämän työn kannalta RAID 0 on kuitenkin parempi, kuin ei RAID:ia ollenkaan. Joten turvauduttiin Virtual Boxiin, jolla käytettiin Kajaanin ammattikorkeakoulun tarjoamaa Windows XP professional käyttöjärjestelmää. Tämäkään ei tuottanut tulosta, mutta päätettiin vielä kokeilla päivitysten asentamista virtuaali-Windowsiin ja sen jälkeen uudelleen kokeilua.

Päivitykset eivät auttaneet ja lisätutkimus alkoi osoittaa, että RAID-aseman voi luoda ainoastaan muistilaitteille, jotka on määritetty dynaamisiksi [9]. Dynaamisiksi muistilaitteiksi ei kuitenkaan voi määrittellä siirrettäviä muistilaitteita Microsoftin tarjoamilla tai hyväksymillä ohjelmilla [9]. Vaikka USB-tikun olisi jollain keinolla saanut muutettua dynaamiseksi laitteeksi, sen siirtäminen laitteesta toiseen olisi hyvin vaikeaa ja näin ollen hyödyt jäisivät hyvin vähäisiksi [10].

## 5.2 Windows 7 Professional

Vaikka Windows XP:n testaaminen epäonnistui, päätettiin vielä kokeilla USB-RAID:n luontia Windows 7 Professional käyttöjärjestelmässä, koska tutkittaessa USB-RAID:n luontimahdollisuuksia löydettiin internetistä ohje, jossa vakuutettiin, että Windows 7:n hallintotyökaluilla USB-RAID 1 ja 0 olisi mahdollista luoda. Ohjeen mukaan ainoastaan Windows 7 Professional, Enterprise ja Ultimate omaavat ohjelmalliset RAID ohjaimet [11].

Ohjeen mukaisesti. Avattiin Administrative Tools valittiin Computer management jonka alta Storage -valinta ja edelleen Disk Management. Tässä vaiheessa ruudulla tulisi olla kuvan 19 mukainen näkymä.



Kuva 19. Windows 7:n muistilaitteiden hallintanäkymä.

Ohjeen mukaan tästä olisi pitänyt edetä valitsemalla asemat, jotka haluaa yhdistää USB-RAID-asemaksi. Koska tavallisen osiointitaulukon omaavia levyjä ei Windows-järjestelmissä voi kytkeä RAID-asemiksi, pitää valittuja levyjä napsauttaa yksitellen oikeanpuoleisella hiiren napilla ja valita avautuvasta valikosta Delete Volume. [11.]

Tätä vaihetta ei kuitenkaan pystytty toteuttamaan, koska kyseinen valinta ei ole valittavissa USB-tikkuja käytettäessä. Edes Computer Managementin avaaminen Run as administrator -tilassa ei auttanut mitään. Delete Volume -toiminto oli mahdollista suorittaa kaikille muille levyille, paitsi käyttöjärjestelmän sisältävälle levyille. Havaittiin myös, että Windows 7:n antaa mahdollisuuden suorittaa tämän operaation USB-kiintolevyille, mutta ei USB-tikuille.

Lopuksi päätettiin vielä yrittää kiertää tämä ongelma kytkemällä USB-tikut Ubuntu-koneeseen ja alustamalla tikut Ubuntu avulla niin, että osiointitaulukkoa ei luotu, mutta tämäkään ei auttanut. Tässä vaiheessa olisi pitänyt pystyä valitsemaan Computer Managementista Mark Partition as Active, mutta valinta pysyi lukittuna [11].

Tässä vaiheessa tehtiin johtopäätös, että edes Windows 7 ei anna mahdollisuutta luoda USB-RAID-asemia, ellei tarkoiteta USB-kiintolevyistä luotuja RAID-asemia. Syyt tähän ovat todennäköisesti samat kuin Windows XP:n kohdalla.

Lisäksi lähteen luotettavuutta heikensi se, että ohje, jota opastettiin seuraamaan, jos edellä mainitut toimenpiteet eivät jostain syystä onnistu, neuvoi vain kuinka dynaamisesta levystä saadaan basic eli tavallinen levy. Toisin sanoen ohjeet neuvoivat kuinka halutun toimenpiteen käänteinen toimenpide voitaisiin suorittaa. [11.]

## 6 TULOSTEN KÄSITTELY

Ubuntu Linux osoittautui arvioitua huomattavasti helpommaksi käyttää ja työn tavoite saavutettiin suuremmista ongelmista.

USB-RAID 0 osoittautui alkuolettamusta huomattavasti hyödyllisemmäksi, koska luku- ja kirjoitusnopeudet olivat huomattavan paljon suurempia kuin yksittäisen USB-tikun. Nopeusvertailut on esitetty kuvissa 20 ja 21. Kuitenkin käyttöjärjestelmäriippuvuus vähentää käytännön hyödyllisyyttä huomattavasti.

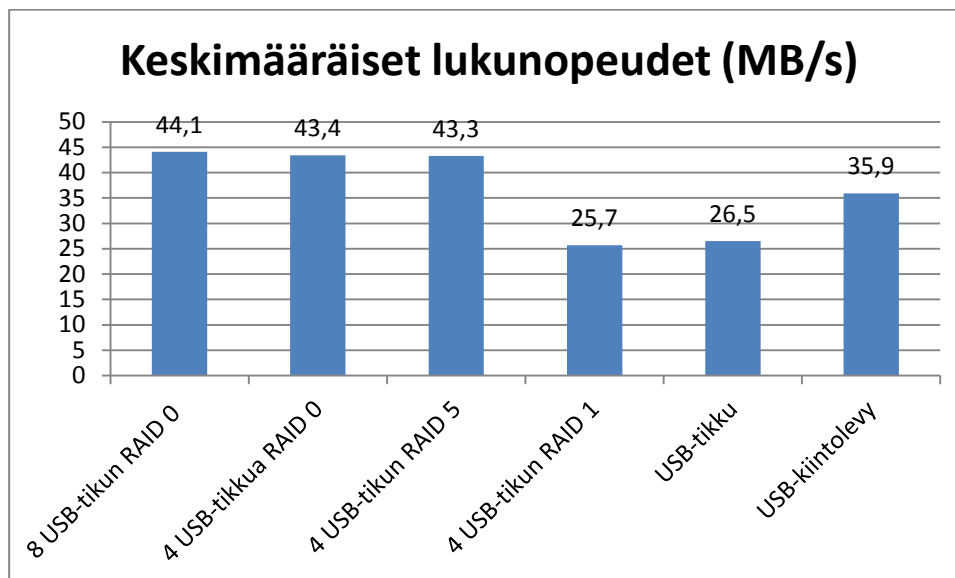
USB-RAID 1:stä voi olla hyötyä henkilölle, jolla on tarve usein luoda useita USB-tikkuja, joissa on sama sisältö, esimerkiksi jaettaviksi työryhmän jäsenille. Nopeutta tällä menetelmällä ei todellakaan saavuteta, kuten kuvasta 20 voidaan havaita, mutta säästytään manuaalisen kopioinnin vaivalta. Toinen heikkous on se, että tikun sisältö näkyy ainoastaan Linux-koneilla.

USB-RAID 5 on varmempi kuin USB-RAID 0, mutta myös hiukan hitaampi luku- ja kirjoitusnopeudessa ja huomattavasti hitaampi kirjoitusnopeudessa. Käytännössä USB-RAID 5 ei lisää tietoturvaakaan tällaisenaan käytettynä niin paljon, että hyödyttäisi tämänkaltaisia laitteita ruveta käyttämään. Se että tietoturva ei varsinaisesti lisäänty, johtuu lähinnä USB-tikkujen ja jakajien ominaisuuksista. Tilanne voisi olla toinen, jos laite rakennettaisiin niin, että USB-tikut ovat kiinteästi kiinni toisissaan. Lisäksi tätä tasoa käytettäessä menetetään yhden osan kokoinen tallennustila käytöstä.

Testaustuloksia tarkasteltaessa on hyvä huomata, että testeissä on käytetty ainoastaan Kingstonin 0110-tyyppisiä kahdeksan gigatavun kokoisia USB-tikkuja, joita on kytketty eri tavalla erilaisiksi RAID-asemiksi. Vertauksen vuoksi on mitattu myös Seagate-valmistajan 2,5:n tuuman 7200 kierrosta minuutissa pyörivän USB-väylästä käyttövirtansa ottavan ulkoisen kiintolevyn vastaavat arvot.

USB-RAID-asemien luku- ja kirjoitusnopeuksien testaamiseen käytettiin Ubuntu Linuxin Disk Utilityyn oletuksena kuuluvaa Benchmark toimintoa. Linuxin Benchmarkin antamien tietojen katsottiin olevan riittäviä, koska tuloksia ei voitu verrata Windows järjestelmien vastaaviin. Lisäksi työn tarkoitus ei ollut USB-RAID-asemien todellisen tehokkuuden arviointi, vaan pystytäänkö kyseinen järjestelmä toteuttamaan.



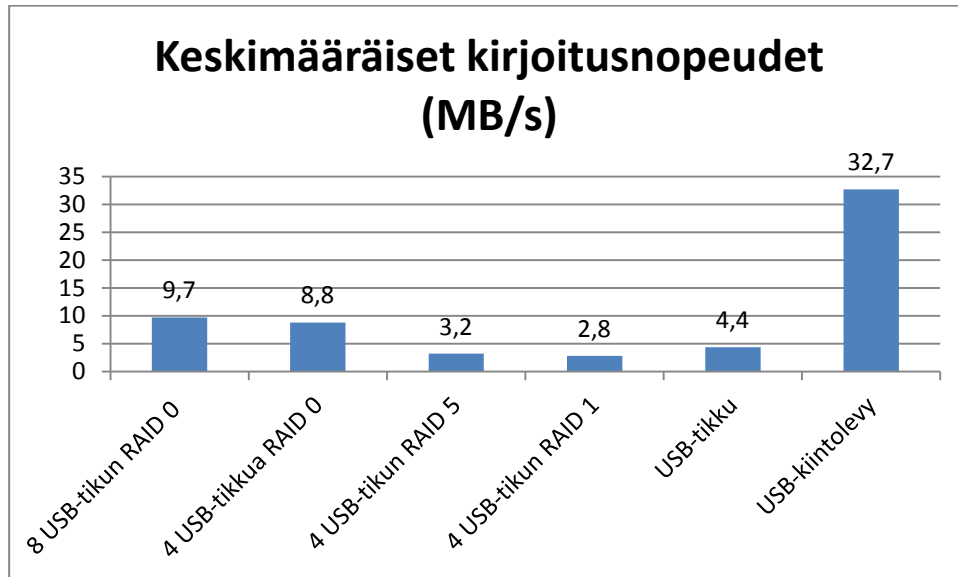


Kuva 20. Laitteiden lukunopeuksien vertailu

Kuvasta 20 nähdään selvästi, että USB-RAID 0 -asemat ja USB-RAID 5 ovat huomattavasti nopeampia kuin yksittäinen USB-tikku. Se onko RAID 0 -asemaksi kytketty neljä vai kahdeksan tikkua, ei enää tee merkittävää eroa. Ottaen huomioon, että vaikka laitteiden lukumäärä kaksinkertaistetaan, ei lukunopeus kasva kuin 0,7 MB/s. On myös hyvä huomata, että USB-RAID 0:n ja 5:n keskimääräiset lukunopeudet ovat huomattavasti suurempia kuin USB-kiintolevyn.

USB-RAID 1:tä verrattaessa yksittäiseen USB-tikkuun täytyy ottaa huomioon, että vaikka kirjoitusnopeus onkin mittaustuloksen mukaan lähestulkoon sama, USB-RAID 1 on todellisessa tilanteessa huomattavasti hitaampi, koska tässä tapauksessa tieto kirjoitetaan USB-RAID 1 -asemaan neljään kertaan.

Kuvassa 21 on esitetty Linuxissa testattujen laitteiden keskimääräiset kirjoitusnopeudet. USB-kiintolevylle ei tässä suhteessa löydy haastajia USB-flash-laitteista, mutta jälleen huomataan, että USB-RAID 0 -laitteet ovat noin kaksi kertaa niin nopeita kuin yksittäinen USB-tikku. USB-RAID 5:n pariteettidatan laskemiseen käytettävä algoritmi ilmeisesti hidastaa asemaa huomattavasti, koska toisin kuin lukunopeuksissa, joissa USB-RAID 5 ylsi lähes samoihin nopeuksiin kuin USB-RAID 0, jää kirjoitusnopeuksissa USB-RAID 5 selkeästi huonommaksi. USB-RAID 0:n kirjoitusnopeus on yli kaksinkertainen verrattuna USB-RAID 5:een.



Kuva 21 Laitteiden kirjoitusnopeuksien vertailu

Valitettavasti USB-RAID ei toiminut, yrityksestä huolimatta, Windows käyttöjärjestelmissä. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että kyseisen järjestelmän luominen olisi täysin mahdotonta. Järjestelmän luonti vaatii kuitenkin kolmannen osapuolen tuottamia sovelluksia, joiden tietoturvallisuutta ei voitaisi taata.

## 7 POHDINTAA

Työn tulokset olivat jokseenkin yllättäviä. Alkualettamuksen mukaan USB-RAID 1 olisi ollut hyödyllisin, mutta koska USB-RAID ei ole siirrettävissä käyttöjärjestelmästä toiseen, jäivät USB-RAID 1:n hyödyt hyvin vähäisiksi.

USB-RAID 0 sen sijaan yllätti, noin kaksinkertaistamalla sekä luku- että kirjoitusnopeuden. Järjestelmäriippuvuus heikentää tämänkin USB-RAID-tason hyödyllisyyttä, kun ottaa vielä huomioon, että tämä laite tarvitsee oman virtalähteensä. Ei se fyysisen kokonsakaan puolesta ole paljon nykyisiä kaksi ja puolituumaisia USB-kiintolevyjä parempi, joka tapauksessa mielenkiintoinen tulos.

Myös USB-RAID 5:n ominaisuudet, ovat jokseenkin mielenkiintoisia. Vaikka laitteiston ominaisuuksista ja järjestelmä riippuvuudesta johtuen ei tälläkään USB-RAID:n tasolla voida todennäköisesti saavuttaa suurta käytännön hyötyä, ainakaan tällaisena kokoonpanona. USB-tikut kytkettynä USB-jakajaan ei missään suhteessa ole varma ratkaisu, edes silloin, kun laitteisto on tasaisella kiinteällä alustalla.

USB-RAID voisi olla käytännöllinen, jos nopeuksia saataisiin vielä paremmiksi, esimerkiksi käyttäen USB3 tekniikkaa ja jos USB-RAID:n osiot yhdistettäisiin kiinteästi toisiinsa. Lisäksi jos käyttöjärjestelmäriippuvuus saataisiin poistettua, voisi USB-RAID:sta ehkä tulla jopa markkinakelpoinen tuote. Tällaisena se kuitenkin on käytännöllisesti katsoen lähes hyödytön.

Tämä insinöörityö oli erittäin antoisa. Tavoitteet saavutettiin mielestäni kohtalaisen hyvin, vaikka Windows-puolen USB-RAID-toteutus ei onnistunut. Työtä tehdessä opin käyttämään Ubuntuja, joka oli työn alussa lähes täysin tuntematon työympäristö. Omista työtavoistani opin, että ne olivat jokseenkin kaottisia ja työn loppua kohden onnistuin parantamaan työtapani huomattavasti niin, että niitä olisi melkein voinut kutsua jopa järjestelmällisiksi.

## 8 YHTEENVETO

Työn tavoite oli luoda RAID-järjestelmää vastaava järjestelmä USB-tikkuja käyttäen Linux-käyttöjärjestelmille ja Windows XP- sekä Windows 7-käyttöjärjestelmille.

Työn suoritusvaiheessa havaittiin, että Windows käyttöjärjestelmissä USB-RAID:n toteuttaminen on erittäin hankalaa, ainakaan se ei onnistunut Microsoftin tarjoamilla tai hyväksymillä ohjelmilla tai palveluilla. Tämän vuoksi tässä työssä kyseisen järjestelmän luomista ja testaamista ei pystytty toteuttamaan.

Ubuntu Linux 10.11 sen sijaan tarjoaa erittäin monipuoliset ohjelmapohjaiset RAID-ohjainpalvelut, joita käyttämällä USB-RAID:n luonti oli jopa helppoa. Linuxin eri distroilla voi todennäköisesti toteuttaa tässä työssä esitetyt toimenpiteet, mutta jotkin distrot vaativat varmasti enemmän asetusten säätämistä sekä lisäpakettien ja ohjelmien asentamista.

Ubuntulla USB-RAID:n luontiin tarvittiin vain yksi ohjelma, joka ei tullut valmiiksi käyttöjärjestelmän mukana. Mdadm ohjelman avulla pystyttiin RAID kelpoisiksi alustetut USB-tikut helposti yhdistämään USB-RAID-asemiksi. USB-tikkujen alustamiseen RAID kelpoisiksi löydettiin kaksi tapaa. Graafinen Disk Utilityä hyödyntävä tapa ja perinteistä terminaalialta ja fdisk-ohjelmaa hyödyntävä tapa.

USB-RAID 1 oli odotettua huonompi. Alkualettamuksena oli, että USB-RAID taso 1 olisi kaikkein hyödyllisin, koska tiedostojen automaattinen varmuuskopiointi tietenkin parantaa tietoturvallisuutta. Lisäksi joskus voi tulla tarve tehdä useita USB-tikkuja joissa on sama sisältö, esimerkiksi opettajilla tenttimateriaalin jakoon tentissä, jossa verkkoresurssien käyttö on pakko estää, mutta tietokoneen käyttö on olennaista. Käyttöjärjestelmäriippuvuudestaan johtuen USB-RAID 1:n hyödyt jäävät kuitenkin hyvin vähäisiksi. Tämän lisäksi ainoaksi hyödyksi näytti jäävän se, että manuaaliselta kopioinnilta vältyttiin, koska USB-RAID 1 on suunnilleen yhtä nopea kuin manuaalinen usealle tikulle kopiointi.

Kaikki asiat huomioon ottaen ei USB-RAID vaikuta käytännölliseltä ratkaisulta, koska USB-kovalevyt tarjoavat helpon tavan pitää tallessa tai siirtää suuria määriä dataa kerralla. Sen lisäksi USB-kovalevyt toimivat myös useimmissa tunnetuissa käyttöjärjestelmissä ja pystyvät toimimaan tiedonsiirtovälineenä myös eri käyttöjärjestelmää käyttävien tietokoneiden välillä. Kaiken edellä mainitun lisäksi USB-RAID-laite tarvitsee oman virtalähteensä, joka vielä

heikentää aseman siirrettävyyttä verrattuna esimerkiksi kahden ja puolen tuuman USB-kovalevyihin, jotka ottavat käyttövirtansa suoraan USB-väylästä.

## LÄHTEET

- 1 Patterson David A, Gibson Garth ja Katz Randy H. A Case for Redundant Arrays of Inexpensive Disks, s.8, 1988 [PDF-dokumentti] University of California. Department of Electrical engineering and Computer Sciences <<http://www.cs.cmu.edu/~garth/RAIDpaper/Patterson88.pdf>> (luettu 19.09.2011)
- 2 Tretau Roland, Eyþórsson Pétur, Kalatas Harutyun ja Lesmana Tjandra. The IBM TotalStorage Solutions Handbook, s.748, 2003 [PDF-dokumentti] IBM Redbooks <[http://exa.unne.edu.ar/depar/areas/informatica/dad/DAD/Material\\_Adicional/Total\\_Storage\\_Solution\\_Handbook/](http://exa.unne.edu.ar/depar/areas/informatica/dad/DAD/Material_Adicional/Total_Storage_Solution_Handbook/)> (luettu 9.11.2011)
- 3 Ubuntuun suomalainen jakelu sivusto. < [www.ubuntu-fi.org](http://www.ubuntu-fi.org) > Ubuntu suomen yhteisö (luettu 7.11.2011)
- 4 USB stick RAID in ACTION. [WWW-julkaisu] <<http://cs.joensuu.fi/~mmeri/usbraid/>> (päivitetty 3.8.2007 )
- 5 SUDO. [WWW-julkaisu] Linux.fi <[linux.fi/index.php/Sudo](http://linux.fi/index.php/Sudo)> (päivitetty 14.10.2009)
- 6 Sync. [WWW-julkaisu] Linux.fi <<http://linux.fi/wiki/Sync>> (päivitetty 27.11.2007)
- 7 Diskmanagement [WWW-julkaisu] Micro Soft Technet <<http://technet.microsoft.com/en-us/library/bb457110.aspx> > (päivitetty 3.11.2005)

- 8      How to Setup Software RAID? [WWW-julkaisu] Dynamic Disk  
<<http://www.dynamic-disk.com/resource/setup-software-raid.html>> (luettu 28.10.2011 )
  
- 9      Dynamic Disks and Volumes [WWW-julkaisu] Windows XP Professional Product Documentation  
<[http://www.microsoft.com/resources/documentation/windows/xp/all/proddocs/en-us/dm\\_dynamic\\_overview.mspx?mfr=true](http://www.microsoft.com/resources/documentation/windows/xp/all/proddocs/en-us/dm_dynamic_overview.mspx?mfr=true)> (päivitetty 21.1.2005)
  
- 10     Creating dynamic disks from usb thumb drive (windows xp) [WWW-julkaisu]  
<<http://www.overclockers.com/forums/archive/index.php/t-505505.html>> (luettu 28.10.2011)
  
- 11     USB Flash Drive RAIDers of Windows 7 [WWW-julkaisu] IT EXPERT VOICE  
<<http://itexpertvoice.com/home/usb-flash-drive-raiders-of-windows-7/>>  
(Julkaistu 26.4.2010)

